Revue générale des Sciences
pures et appliquées
et Bulletin de la Société Philomathique
T. LVIII Nos 7-8 1951

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Lucien Cuénot, mon Maître

1866-1951

Au moment où paraît « *l'Evolution biologique* », testament intellectuel de Lucien Cuénot, il m'est une consolation de rappeler le souvenir de mon Maître.

Préparant le certificat de Zoologie générale à la Faculté des Sciences de Nancy, le Professeur Cuénot sollicita mon aide pour ranger une collection ; pendant ces vacances de Pâques, nous travaillâmes ensemble plusieurs heures par jour ; ce fût le prélude d'une collaboration qui devait durer plus de vingt ans. C'est un heureux privilège, un incomparable enrichissement que d'être au contact quotidien d'une aussi souveraine intelligence et d'être formée par un grand savant qui fut aussi dans la plénitude du terme, un grand Maître.

Parisien des Batignolles, fils d'un employé des Postes, Lucien Cuénot fit ses études à Paris au collège Chaptal (boursier de la Ville de Paris), puis dans « l'antique et noire Sorbonne ». Reçu premier à la Licence de Sciences Naturelles en 1885, Docteur es Sciences Naturelles en 1887 (le plus jeune docteur de France), chargé d'un Cours complémentaire de Zoologie à la Faculté des Sciences de Nancy en 1890, professeur titulaire à 32 ans dès qu'il aura atteint l'âge requis, il occupera cette chaire jusqu'au 30 septembre 1937, date de sa mise à la retraite. Toute sa carrière s'écoula à Nancy qu'il refusa plusieurs fois de quitter : « j'ai senti tout ce que la province renfermait de forces cachées, de sérieux et de savoir ; ici tout incitait au travail, même le rude climat lorrain ». Il participa à la formation intellectuelle de nombreuses promotions de biologistes, zoologistes, botanistes, forestiers, agronomes, médecins, pharmaciens, philosophes, ecclésiastiques. Il resta l'ami et le conseiller sûr de ses anciens élèves ; il a aimé ceux qu'il aimait ; il n'a pas détesté ceux qu'il n'aimait pas. L'esprit a été la seule valeur qu'il reconnût.

D'autres ont dit et diront encore la richesse de son œuvre incomparablement vaste, source d'enseignement pour naturalistes et philosophes. Je voudrais rappeler ici deux aspects, unanimement reconnus, de son caractère, son besoin de travailler et sa soif d'apprendre.

Selon le mot de Valéry, L. Cuénot pouvait dire « j'ai le mal de l'activité » ; il ne savait pas ne rien faire ; il lui était impossible de demeurer sans objet précis ; il lui fallait constamment agir car chaque jour développe ou ruine ce que nous croyions savoir ; et puis il aimait par dessus tout son travail ; je l'entends encore me dire : « travailler, toujours travailler, travailler à n'en plus pouvoir souffler ». Ayant conservé sa vigueur intellectuelle, il a travaillé jusqu'à la mort ; la veille du jour fatal, nous parlions encore des noms vernaculaire et scientifique d'un serpent. Quel exemple d'activité et de puissance de travail donné à une jeunesse trop facilement fatiguée.

Apprendre sans cesse quelque chose était sa pensée dominante ; il ne faut pas craindre de retourner à l'école, répétait-il souvent ; son inlassable curiosité le portait à s'intéresser à tout, sauf peut-être au droit. Chacun selon sa spécialité, au hasard d'une rencontre, d'une visite, était interrogé sur un point précis : « Que signifie ce mot grec, ce mot latin ? Que penser du nom attribué à cet animal qui a tel ou tel caractère ? Dialectique, voilà un terme dont on use et abuse, quel sens prend-il au juste en fonction d'épithète ? Cette orthographe est-elle correcte ? Quel chemin suivirent les rêtres pour aller d'Allemagne en France lors des guerres de religion ? Quel est le pays d'origine de cette plante ? Ne croyez-vous pas qu'une grosse fraise correspond à une fascie de fascies ? Expliquez moi cette coupe géologique. Qu'avez-vous vu en Australie ? Quelles sont les méthodes utilisées dans l'enseignement primaire ?... » Et il ne s'agissait pas de le payer de phrases ; les subtilités philosophiques l'ennuyaient ; les définitions n'étaient jamais assez claires. Il attendait et exigeait exactitude, précision, concision. Et, il écoutait, comme un étudiant attentif, prodigieusement intéressé, le regard au loin devant lui, le visage illuminé de satisfaction ; parfois un sourire sceptique se dessinait et avec une espièglerie juvénile, il lançait une boutade pleine d'humour.

Il prenait non moins d'intérêt à la conversation des humbles, celles d'un ouvrier, d'un agent de police, d'un paysan aux champs, d'un cantonnier sur un tas de cailloux ; il les écoutait gravement, presque religieusement, sans sourire de leurs propos naifs mais imprégnés de bon sens. Aux lettres d'amateurs posant des questions pertinentes, il répondait toujours aimablement : « tout à votre disposition si vous désirez quelque éclaircissement ; une lettre comme la vôtre force à réfléchir un peu plus avant ».

A ceux qui partaient en mission dans quelques régions lointaines du globe, il suggérait immédiatement un point précis à

résoudre. Et que de fois a-t-il été déçu ; ces grands voyageurs ne savent pas observer ; ils passent à côté de faits passionnants et ne voient rien. Depuis longtemps l'éminent naturaliste préconisait l'envoi de missions se consacrant à l'étude d'une ou de deux ou de trois questions bien délimitées, afin de pouvoir liquider définitivement un problème dont la solution repose sur un fait d'observation.

Lucien Cuénot accordait la primauté au fait ; « au commencement était le fait » et « le devoir du savant est de dire *non* à tout phénomène qui n'est pas démontré ou démontrable par une expérience ; son devoir et son droit est de dire *non* à toute chose qui ne repose que sur des témoignages humains, miracles, médiums, radiesthésie, sorcellerie, hallucinations, révélations mystiques, télépathie, transmission de pensée... Il ne faut pas dire je crois ou je ne crois pas. Il faut dire : jussqu'ici tel phénomène échappe à notre constatation scientifique et c'est exactement comme s'il n'existait pas. Ou bien tel fait est constatable et constaté scientifiquement, c'est désormais un fait qu'on le comprenne ou qu'on ne le comprenne pas ».

Dans ses études scientifiques et expérimentales, il se conformait à cette discipline rigoureuse, fonction de la précision de sa pensée. N'a-t-il pas écrit quelque part : « n'accepter l'obéissance qu'à la vérité sensible qui contraint ». Cherchant la Vérité, il n'avait peur d'aucune vérité. Et ce souci de la rigueur scientifique justifie le plan adopté dans « l'*Evolution biologique* » : une première partie fort importante consacrée aux Faits dûment établis et constatés ; une seconde partie, beaucoup plus courte, intitulée les Incertitudes ; ces incertitudes, L. Cuénot les ressentait profondément ; il les a dénoncées tout en s'interdisant de leur accorder une solution illusoire car elles sont insolubles dans l'état actuel de la Science.

Son rationalisme scientifique ne lui défendait pas de « franchir le portique de la métabiologie » ; lui-même notait en 1943 : « j'ai un tempérament très positiviste et c'est contre mon sentiment intime que j'ai été amené à prendre une position finaliste (très mitigée du reste) ». La conclusion des conclusions de son testament intellectuel est une profession de foi panthéiste : « L'Homme est un animal qui fait des Dieux, a-t-on dit ; il n'y a pas manqué en cette belle occasion ; ayant à sa disposition la splendide Nature, éternelle, incréée, cette somme de tout ce qui existe, il la regarde comme une Déité, il lui rend un culte intérieur, sans rites, purement spirituel, qui constitue le panthéisme... Le panthéisme est simple et n'a pas de théologie ; je tiens pour des chinoiseries métaphysiques les différences entre le panthéisme de Spinoza et les panthéismes matérialistes de d'Holbach, de Diderot et des modernes ; ses prêtres sont les savants, ses prières sont la recherche ; ses temples sont partout : on ressent une impression religieuse aussi bien dans les cathédrales

que dans les antiques forêts, aussi bien dans les riantes vallées qu'au sein des montagnes cyclopéennes... »

A l'occasion de la mort de mon cher Maître, un de ses collègues étrangers m'écrivait : « Lucien Cuénot était un esprit de haute classe dont la profondeur, l'indépendance, la finesse et le délicat humour m'ont toujours vivement impressionné ». Et maintenant pour demeurer fidèle à sa mémoire, tous ceux — et ils sont nombreux — qui ont tant reçu de lui, se doivent de travailler avec ardeur, avec loyauté, avec amour, pour continuer l'œuvre qu'il a magistralement édifiée.

Andrée TÉTRY.

Réunion des Endocrinologistes de langue française

(Paris, 2-3 juillet 1951)

Sous l'égide de la Société d'Endocrinologie et la présidence des Professeurs Binet et Courrier, une réunion d'endocrinologie vient de se tenir à la Faculté de Médecine en deux journées consacrées respectivement à la thyroïde et à la corticosurrénale avec dans chaque cas des rapports, une discussion et des communications nombreuses et variées. Ainsi fut heureusement fixé le tableau actuel de nos connaissances en pleine évolution et leur retentissement pratique en clinique humaine du point de vue méthodes de diagnostic spécialement. Les rapports déjà imprimés chez Masson forment un volume de 216 pages avec abondante bibliographie qui en fera un instrument précieux. Nous ne pouvons nous étendre ici sur toutes les communications et le contenu des rapports. Signalons seulement les grandes lignes d'intérêt.

En ce qui concerne la thyroïde, il résulte des rapports de K. Ponse (de Genève) sur l'histophysiologie, de Roche et Michel sur la chimie et de Marois, élève de Courrier, sur la régulation de l'activité thyroïdienne que nos connaissances se sont surtout accrues ces dernières années grâce à l'emploi de la stimulation à volonté de la thyroïde par l'hormone thyréostimulante hypophysaire, l'étude de l'intoxication par les antithyroïdiens (type thiouracyl) qui empêchent la synthèse de l'hormone iodée tandis que la thyroïde activée par l'hypophyse traivaille à vide synthétisant une protéine non iodée. L'emploi des éléments radioactifs (iode ou thyroxine marquée)

a été très fructueuse pour élucider les mécanismes intimes du fonctionnement glandulaire normal ou pathologique et la destinée de l'hormone, notamment sa fixation sur l'hypophyse. La chimie intègre la thyroxinogénèse dans le cadre de la biochimie des protéines et des acides aminés et de l'ioduration artificielle de ces substances. L'histophysiologie nous montre la double polarité de la cellule glandulaire et les étapes de la reprise du colloïde en réserve dans les acini.

La corticosurrénale est le grand centre de formation des hormones stéroïdes que l'organisme conduit à l'état des si nombreux stéroïdes que l'on peut déceler dans l'urine et dont les variations ont un grand intérêt clinique : Jayle les a longuement passés en revue, tandis que Devis de Louvain développait les résultats de leur étude chromatographique. L'histophysiologie corticosurrénale fut présentée par Celestino da Costa de Lisbonne, qui montra bien, que, malgré l'effort actuel et le développement de nos connaissances sur les diverses couches et leurs variations, on ne peut encore se prononcer sur l'origine unitaire ou non de ces couches et sur la possibilité de relier les types cellulaires aux diverses hormones. Les communications montrèrent par la suite toutes les expériences qui portent aujourd'hui sur le mode d'action de la cortisone ou de l'ACTH.

P. CHAUCHARD.

ERRATUM

Nous nous excusons auprès de nos lecteurs des coquilles qui se sont glissées dans l'article du Professeur Paul Becquerel publié dans notre précédent numéro :

page 149 (4° *ligne par le bas*), *lire* : après avoir débarrassé les pellicules... ;

page 152 (*ligne* 34), *lire* : les expériences critiquées (et non *critiques*) ;

page 153, *ligne* 19, *lire* : Leucaena ;

page 155, *formule de Van T'Hoff, lire* : $= e^{A\left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)}$;

page 155, *titre du paragraphe X, lire* : La Synerèse (au lieu de : La Synthèse).

Les Espaces probabilistes

par Gustave GUILLAUMIN

I. - Continu physique et probabilité

1. Poincaré observe (Science et Hypothèse, chap. II) que les résultats bruts de l'expérience, compte tenu de l'imperfection de nos sens et de nos instruments, peuvent, en général, se traduire par les relations suivantes :

$$(1) \qquad a = b,\ b = c,\ a \neq c,$$

relations constituant ainsi la formule du *continu physique*, et dont on peut exprimer le sens en disant que l'*équivalence* (ou égalité) physique n'est pas une relation *transitive*. Ceci résulte du fait que, quelles que soient les méthodes employées, il arrive toujours, par exemple, qu'on ne puisse distinguer l'un de l'autre les deux poids p et $p + \delta$, non plus que les deux poids $p + \delta$ et $p + 2\delta$, alors que l'on est en mesure de distinguer les deux poids p et $p + 2\delta$. Le continu physique s'oppose ainsi au *continu mathématique*, créé par l'esprit à l'occasion de l'expérience, et pour lequel la dernière relation (1) devient une égalité (*transitivité* de l'équivalence mathématique).

2. Une illustration de cette opposition des deux continus nous est donnée par un exemple très suggestif emprunté à la psychophysique : il s'agit de l'étude des organes sensoriels de la peau. Si, sur la peau d'une personne dont on a bandé les yeux, sont exercées deux excitations simultanées en deux points différents a et b, le sujet accusera parfois une sensation unique ; de même pour les deux points b et c. Par contre, il accusera une double sensation lors de l'excitation simultanée de a et c, faisant ainsi la discrimination de ces deux points : c'est ce qu'indique précisément, de façon symbolique, la formule (1). Dans une telle expérience, on est donc en présence de deux continus superposés : d'une part, un continu mathématique (ou, du moins, un continu qu'on peut, sans erreur appréciable, supposer tel), représenté par la surface géométrique de la peau, et sur lequel se repère l'expérimentateur ; d'autre part, un continu physique qui correspond aux représentations sensorielles du patient aveugle.

Mais il intervient ici un phénomène complémentaire de grande importance. L'expérience montre, en effet, qu'il peut arriver, quand on irrite simultanément un couple de points de sa peau, que le sujet accuse tantôt une sensation unique, tantôt une double sensation. L'idée vient alors naturellement à l'esprit d'associer à tout couple

de points a et b la *probabilité* que l'expérience les révèle comme étant *discernables*, cette probabilité étant déterminée en pratique par la fréquence des sensations doubles. Bien entendu, les phénomènes sont, dans la réalité, sensiblement plus compliqués, mais le schéma qui vient d'en être esquissé suffira à la clarté de l'exposé qui suit, concernant la théorie nouvelle des *espaces probabilistes*, due à M. Karl Menger, professeur à l'Institut de Technologie de l'Illinois (U.S.A.).

II. - Espaces probabilistes élémentaires : théorie probabiliste des relations

3. Soit un ensemble, ou *espace*, *abstrait* quelconque S, autrement dit, une certaine collection d'objets (ou *éléments*, ou *points*) dont la nature n'est pas précisée. Au sens *classique* usuel, une *relation* concernant *un* élément de l'espace (*relation monaire*) est une condition à laquelle doit satisfaire l'élément ; c'est donc, en somme, un *sous-ensemble* F de S (c'est-à-dire une partie de S) comprenant les éléments qui satisfont à la condition donnée, à l'exclusion de tous les autres éléments. Au sens *probabiliste*, qui va être le nôtre et qui s'oppose à la règle précédente du « tout ou rien », une relation monaire sera une certaine *fonction* $P_F(x)$, définie pour tout élément x appartenant à S ; cette fonction *elle-même* constituera ce qu'on appellera un *ensemble flou*, dénoté également P_F, le nombre $P_F(x)$ étant interprété comme la probabilité que x appartienne à cet ensemble. Dans une telle manière de voir, l'ensemble flou P_F est, pour ainsi dire, dispersé dans tout l'espace S, puisque chaque point de S peut avoir sa chance d'appartenir à P_F, c'est-à-dire, physiquement parlant, de posséder une certaine propriété symboliquement exprimée par l'indice F. S'il arrive que la fonction P_F prenne, pour certains points, les valeurs 1 ou 0, on saura que ces points appartiennent sûrement, ou n'appartiennent sûrement pas, à P_F. Il est clair, d'ailleurs, que, dans le cas limite où la fonction $P_F(x)$ ne prend que les valeurs 1 et 0, il s'agira d'un sous-ensemble de S au sens classique, ou *ensemble rigide*, où tout flou aura disparu.

On obtient une représentation picturale d'un ensemble flou P_F sur l'espace de base S, supposé lui-même figuré sur un plan, en donnant à la région qui entoure tout point x de S la couleur blanche parfaite si $P_F(x) = 1$ et le noir absolu si $P_F(x) = 0$, la teinte étant d'ailleurs d'autant plus claire que $P_F(x)$ est plus proche de 1 et d'autant plus foncée que $P_F(x)$ est plus proche de 0.

A l'aide d'une légère modification des définitions, on verrait aisément, pour prendre un exemple particulièrement simple de mécanique ondulatoire non relativiste, que le carré du module de la fonction d'onde d'un corpuscule est, suivant la terminologie qui précède, un ensemble flou de l'espace ordinaire ; ici, le phénomène physique symbolisé par F n'est autre que la présence du corpuscule lui-même, à un instant donné.

4. Abordons maintenant le cas d'un problème, de nature quelconque, portant sur certaines *relations* relatives, non plus à un seul élément d'un espace S, mais aux *couples* d'éléments a, b du même espace (relations *binaires*), et, plus spécialement d'abord, sur la *relation d'équivalence* entre les deux éléments de ce couple (§ I). Désignons par P (a, b) la probabilité que les objets a et b soient *équivalents*, c'est-à-dire non discernables l'un de l'autre. Il semble alors rationnel de poser les postulats suivants :

(I) $P(a, a) = 1$, pour tout a,

(II) $P(a, b) = P(b. a)$, pour tout couple (a, b),

(III) $P(a, b) \times P(b, c) \leqq P(a, c)$, pour tout triplet (a, b, c).

Les postulats (I) et (II) correspondent à ce qu'on appelle respectivement, par des qualificatifs dont le sens est clair, la *réflexivité* et la *symétrie* ; quant au postulat (III), on peut dire (n° 1) qu'il exprime que le phénomène étudié comporte, en quelque sorte, un minimum de *transitivité* ou, si l'on veut encore, la transitivité approximative et imparfaite à laquelle nous devons nous attendre, d'après les considérations du § I.

5. On dira les deux éléments a et b *certainement équivalents* (certainement *non équivalents*) si $P(a, b) = 1$ (ou 0). Un sous-ensemble X de S sera dit *ensemble d'équivalence certaine* s'il contient, outre l'élément x, tous les éléments a de S tels que $P(x, a) = 1$, c'est-à-dire tous les éléments indiscernables de x. Deux tels ensembles X et Y sont, nécessairement et par définition, *disjoints* (sans éléments communs) ou identiques ; d'ailleurs, la probabilité d'équivalence entre ces deux ensembles peut, sans ambiguïté, être posée $P(X, Y) = P(x, y)$ pour tout x appartenant à X, et tout y appartenant à Y, puisqu'il y a équivalence entre tous les x et équivalence également entre tous les y.

Notons, en passant, qu'on aboutit ainsi, tout naturellement, à une *granulation* de l'espace S, qui n'est pas sans rappeler, à certains égards, la *quantification* de l'espace, telle que la fait concevoir le développement moderne des théories quantiques, mais qui est cependant nettement distincte de cette quantification, par son origine et par son rôle.

En remplaçant, s'il en est besoin, les éléments de S par leurs ensembles d'équivalence, on pourra admettre le quatrième postulat

(IV) $P(x, y) < 1$ si $x \neq y$.

Plus généralement, M. Karl Menger appelle *morceau* de S un ensemble qui, avec tout élément x, contient tout a tel que $P(x, a) > 0$, donc qui est vide de tous les éléments certainement non équivalents à x. Il est immédiat que deux morceaux sont disjoints ou identiques et que deux éléments appartenant à deux morceaux disjoints sont certainement non équivalents.

6. Avant d'aller plus loin, il nous sera utile de rappeler la définition des *espaces distanciés* (ou *métriques généraux*), notion due à M. M. Frechet, qui s'est révélée d'une exceptionnelle fécondité. Un ensemble abstrait E (n° 3), collection d'objets que l'on appellera *points*, est un espace distancié si, à tout couple de points a et b de l'espace, on peut associer un nombre non négatif d (a, b), appelé *distance* de a à b, satisfaisant aux trois postulats suivants :

(A) $d(a, b) = 0$ si, et seulement si, $a = b$,

(B) $d(a, b) = d(b, a)$,

(C) $d(a, b) + d(b, c) \geqq d(a, c)$.

Cette définition est un premier pas vers des considérations d'ordre *topologique*, ou, en gros, relatives à la continuité de l'espace, que pourront préciser des conditions annexes. Le postulat (B) concerne la symétrie. Le postulat (C), dit *inégalité triangulaire*, exprime qu'on peut construire un triangle euclidien avec les trois distances d'un triplet quelconque de points a, b, c, autrement dit que le triplet est *isométriquement* représentable sur le plan euclidien. On voit donc, et c'est là une observation importante sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir, que la notion d'espace distancié conserve partie liée avec l'édifice *euclidien*. Lors de son utilisation en physique mathématique, un tel caractère pourra être gênant et il conviendra alors de remplacer le postulat (C) par une inégalité n'ayant plus ce caractère ; c'est d'ailleurs là une question qui a fait l'objet de nombreux travaux mathématiques. On peut faire une observation analogue pour le postulat de *symétrie* (B), déjà rencontré au n° 4. On sait, en effet, le rôle essentiel joué, dans les phénomènes naturels, par la symétrie (ou l'asymétrie) et condensé dans le *principe de Curie*, lequel, concurremment avec le principe de l'énergie et le principe de Carnot, est à la base de la physique phénoménologique. Il pourra donc être utile, en vertu de ce principe, trop souvent méconnu, d'adoucir, le cas échéant, le postulat (B) et même de le remplacer par une règle nettement asymétrique.

Ceci étant rappelé, on vérifie très facilement que l'ensemble dénommé plus haut *morceau* (fin du n° 5) deviendra un espace distancié si l'on pose :

$$(2) \qquad d(a, b) = \operatorname{colog} P(a, b).$$

On emploie le cologarithme (logarithme de l'inverse) parce que la distance d doit être essentiellement non négative et que la probabilité P (a, b) est essentiellement inférieure ou au plus égale à 1.

7. Au numéro 3, il était question d'une relation *monaire* (portant sur un seul élément). Dans les numéros 4 à 6, il s'agissait d'une relation *binaire* (portant sur un couple d'éléments) et cette relation était une relation d'*équivalence*. On peut traiter de même

au point de vue probabiliste, suivant les principes de M. Karl Menger qui viennent d'être exposés, des *relations binaires d'ordre* (a précède b) et, plus généralement encore, des *relations n-aires*, c'est-à-dire des relations, d'équivalence ou d'ordre par exemple, établies entre n éléments.

III. - Géométrie probabiliste de Karl Menger. — Applications

8. Les espaces probabilistes auxquels nous venons d'être conduits étaient de structure assez rudimentaire ; mais le point de vue qui précède peut être adapté à une forme *géométrique* moderne, qui sera plus fine et plus riche parce qu'elle va faire intervenir maintenant la notion de *mesure* physique, et consistant dans une généralisation probabiliste de la notion d'espace distancié rappelée au n° 6. Partant d'un espace E de cette nature, et même de nature plus générale, figurant, si l'on veut, le continu mathématique de référence (§ I), on associera à tout couple de points (a, b) de l'espace une fonction $\Delta_{ab}(x)$, essentiellement comprise entre 0 et 1, représentant la *probabilité* que la *distance* de a à b soit $< x$. Cette fonction, évidemment *non décroissante*, sera supposée satisfaire aux postulats suivants :

$$(\alpha)\begin{cases}\Delta_{aa}(x) = 1 \text{ par tout point a de E et tout nombre } x > 0,\\ \Delta_{ab}(x) = 0 \text{ par tout couple de points (a, b) et tout } x \leqq 0,\end{cases}$$

$$(\beta)\quad \Delta_{ab}(x) = \Delta_{ba}(x) \text{ pour tout couple de points (a, b) et tout x,}$$

$$(\gamma)\quad \Pi\,[\Delta_{ab}(x), \Delta_{bc}(x)] \leqq \Delta_{ac}(x) \text{ pour tout triplet de points (a, b, c) et tout x.}$$

Dans le langage du calcul des probabilités, (α) veut dire que la distance d'un point à lui-même n'est certainement pas positive et que les distances négatives sont impossibles ; (β) veut dire que la distance de a à b est aléatoirement inférieure à x de la même manière que la distance de b à a (*symétrie*). Enfin, le postulat (γ), analogue à l'inégalité triangulaire, est une adaptation de la règle de composition des lois de probabilités, composition dont la formulation analytique complète, inutile à notre objet, est représentée en abrégé par le symbole Π ; en langage vulgaire, (γ) signifie que, pour tout nombre x, il est moins probable ou, à tout le moins, pas plus probable que la somme des distances de a à b et de b à c soit inférieure à x, que la distance de a à c soit elle-même inférieure à x ; c'est l'*inégalité triangulaire probabiliste*.

Nous dirons que la fonction $\Delta_{ab}(x)$, à trois variables, définit une *métrique probabiliste*, donc un *espace probabiliste* qui pourra être notre *continu physique* appuyé sur le *continu mathématique* E. Il est d'ailleurs à peine besoin de remarquer qu'ici, comme au § II, le nombre que l'on appelle distance ne doit pas nécessairement être pris au sens strictement géométrique banal. En (2), la distance

était une mesure de la probabilité par son cologarithme ; ici, ce pourra être aussi bien une température, une énergie, etc. Notons, au surplus, que la distance est prise, dans l'exposé actuel, essentiellement positive ou nulle, alors qu'une différence de température peut être négative, de même, d'ailleurs, que le carré de la distance de deux points dans l'espace-temps à quatre dimensions de la Relativité ; mais ce n'est pas là, pour la théorie, une difficulté capitale.

9. On dira (cf. n° 5) les points a et b *certainement indiscernables* si $\Delta_{ab}(x) = 1$ pour tout nombre $x > o$. Pour un couple ordonné de points, quelconques mais bien déterminés, a et b, soit μ_{ab} la limite supérieure de tous les nombres x, tels que $\Delta_{ab}(x) = o$. Si cette distance μ_{ab} est $> o$, il est clair alors qu'on pourra dire que les points a et b sont *certainement discernables*. Si $\mu_{ab} = o$, désignons, comme d'usage, par $\Delta_{ab}(+ o)$ la limite à droite de $\Delta_{ab}(x)$ en $x = o$, c'est-à-dire la limite de $\Delta_{ab}(x)$ quand x tend vers zéro par valeurs positives. On aura alors à distinguer deux cas :

1° $\Delta_{ab}(+ o) = o$: a et b seront dits *tout juste discernables ;*

2° $\Delta_{ab}(+ o) > o$: a et b seront dits *peut-être discernables.*

A partir de ces définitions, la théorie se développe ensuite d'après un processus analogue à celui suivi pour le cas des espaces du § II, en faisant intervenir encore, notamment, la notion de morceau.

10. M. Karl Menger a appliqué la théorie précédente à divers exemples dans lesquels l'espace distancié de base et la métrique probabiliste étaient assez simples, tout en présentant, cependant, un certain caractère de généralité. Deux résultats obtenus dans ces exemples méritent de retenir l'attention.

Tout d'abord, on constate assez souvent l'apparition d'une *contraction d'échelle*, en ce sens que, pour les grandes distances l, la valeur pratiquement assignée par la métrique probabiliste augmente moins rapidement que l, par exemple, comme $\sqrt{l}$ ou $\log l$. Ce résultat est à rapprocher de certaines contractions psychologiques, celle de Cramer, suivant laquelle la valeur subjective d'une somme d'argent a est $\leqq \sqrt{a}$, ou bien encore celle de Fechner, suivant laquelle les sensations physiologiques croissent comme le logarithme de l'excitation.

En second lieu, on s'aperçoit que la théorie, telle qu'elle est assise sur les principes exposés, constitue un cadre en apparence trop étroit pour s'adapter à toutes les réalités et pouvant, de ce fait, risquer d'aboutir à de véritables antinomies. Pour faire disparaître ces obstacles, il y aura peut-être lieu, dans des développements ultérieurs, d'adoucir ou même d'abandonner l'inégalité triangulaire probabiliste, ce qui ne paraîtra d'ailleurs pas étonnant si

l'on a égard aux observations présentées au n° 6. Il est possible qu'il soit utile également d'élargir la règle classique de composition des lois de probabilité et d'admettre que la notion de probabilités indépendantes perd dans certains cas son sens, dans le cas du microcosme par exemple (numéro suivant).

11. L'exposé qui précède montre clairement l'intérêt que peut présenter la géométrie probabiliste pour l'étude des phénomènes physiques simples, dont celui indiqué au n° 2 n'est qu'un cas particulier, mettant en jeu des grandeurs qu'on qualifie, pour schématiser, par des nombres ayant, en fait, un caractère aléatoire.

La notion d'espace distancié, ou celle un peu plus générale d'*espace quasi distancié*, a déjà été utilisée en physique mathématique moderne ; la notion de métrique probabiliste ne pourrait-elle pas, à son tour, trouver quelque jour son emploi dans l'édification d'une synthèse de la microphysique ? Il semble bien, étant donné l'importance croissante prise, dans ce domaine, par la notion de probabilité, que cela soit fort possible.

Poincaré a insisté, à mainte reprise, sur le fait que la géométrie euclidienne s'imposait à nous, comme moule de la mécanique à l'échelle humaine, parce qu'elle est la plus « commode », étant bien compris d'ailleurs que, pour l'illustre savant, le mot commodité est à peu près synonyme de vérité scientifique. Contrairement à ce qui a été parfois écrit, les découvertes mémorables des quanta, de la relativité et des principes de la physique quantique nouvelle n'ont en rien ébranlé le système newtonien ; elles l'ont, au contraire, consolidé à jamais en permettant l'évaluation de l'erreur commise dans son emploi. Seulement, les observations de Poincaré, relatives à la plus ou moins grande commodité des espaces de base des théories physiques, doivent être désormais complétées.

Au point de vue *cosmologique* d'abord (le très grand par rapport à notre échelle), la Relativité nous contraint à abandonner l'idée d'un espace euclidien indéfini, à doter, au contraire, notre univers d'une courbure et à admettre, par exemple, qu'il est assimilable à la surface d'une sphère (ou d'un hémisphère) ayant une dimension de plus que la surface sphérique qui nous est familière (espace sphérique ou elliptique à trois dimensions). A la vérité, et suivant une remarque ancienne de M. Emile Borel toujours pertinente, une telle assimilation n'est peut-être pas pure de toute métaphysique ; elle est, tout au moins, conforme au principe de raison suffisante.

Si l'on passe maintenant à la *microphysique* (le très petit par rapport à notre échelle) et qu'on y envisage, ainsi qu'il a été indiqué plus haut, l'application de la géométrie probabiliste, les difficultés logiques, signalées à la fin du n° 10, ne doivent pas, tout au contraire, être considérées comme décourageantes. Depuis Planck, en effet, en passant pas Einstein et par les fondateurs de la mécanique ondulatoire, le physicien a pris l'habitude de jeter

périodiquement par-dessus bord nombre de concepts qu'on était tenté de considérer comme fondus dans le sens commun. Et tout paraît se passer comme si l'enrichissement du domaine de la connaissance était, pour l'homme, la récompense de son humilité devant une impossibilité congénitale à atteindre le fond des choses.

Gustave GUILLAUMIN.

BIBLIOGRAPHIE

1. Bouligand (G.). — Les espaces granulaires quasi distanciés du point de vue axiomatique et leur adaptation possible à la physique. *Rev. gén. des Sci.*, 31 janvier 1938.

2. Fréchet (M.). — Les espaces abstraits, Paris, Gauthier-Villars, 1928.

3. Appert (A.). — Propriétés des espaces abstraits les plus généraux. 2 vol., Hermann, 1934.

4. Appert (A.) et Ky-Fan. — Espaces topologiques intermédiaires. Problème de la distanciation. Hermann, 1951.
[Les ouvrages n°s 3 et 4 forment le complément naturel du n° 2.]

5. Lévy (P.) — Calcul des probabilités. Gauthier-Villars, 1925.

6. Menger (K.). — Statistical Metrics. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, Washington, 1942, p. 535.

7. Menger (K.). — Probabilistic Theories of Relations. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, Washington, 1951, p. 178.

8. Menger (K.). — Probabilistic Geometry. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, Washington, 1951, p. 226.

9. Menger (K.). — Ensembles flous et fonctions aléatoires. *C. R. Acad. Sci.*, 28 mai 1951.

10. Wald (A.). — On a Statistic Generalization of Metric spaces. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, Washington, 1943, p. 196.

Les méthodes modernes d'épuration des eaux naturelles

par René DUBRISAY

Professeur honoraire à L'Ecole Polytechnique et au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Dans nos anciens cours de chimie, un chapitre était toujours consacré à l'étude des eaux naturelles. On insistait sur le fait que les eaux dites dures, c'est-à-dire chargées de sels de calcium ou de magnésium donnaient naissance dans les chaudières à des dépôts incrustants, et étaient impropres à certains usages domestiques (blanchissage, cuisson des légumes, etc.). On ne se préoccupait guère des autres produits qui pouvaient y être dissous : on ne pensait pas en particulier à leur influence sur la corrosion des tuyauteries métalliques. C'est seulement au cours de ce siècle que l'on a nettement établi que des sels parfaitement neutres tels par exemple que le chlorure de sodium pouvaient par un mécanisme électrochimique causer l'attaque des métaux, en raison de la production de courants engendrés soit par l'hétérogénéité des métaux (ainsi que Becquerel l'avait antérieurement reconnu), soit par la formation de « couples d'Evans » dans les eaux aérées (1). La présence seule des gaz de l'air — oxygène et gaz carbonique — dissous peut d'ailleurs suffire à provoquer la corrosion des tubes métalliques.

D'autre part, certaines industries (teintureries, sucreries, fabrication de la rayonne, etc...) ont avantage à utiliser des eaux aussi pures que possible. Et si l'on revient à l'alimentation des chaudières, il importe de signaler les inconvénients que l'on attache aujourd'hui à la présence de la silice qui peut exister soit à l'état de silicates alcalins solubles, soit sous forme de silice colloïdale. L'analyse des incrustations montre en effet que celles qui contiennent de la silice sont particulièrement dures et mauvaises conductrices de la chaleur. En outre, des travaux poursuivis en Allemagne et en Amérique ont permis d'établir qu'en distillant sous forte pression des solutions de silicates alcalins, on trouvait de la silice libre dans les produits de condensation de la vapeur. Il est naturel d'admettre qu'il s'agit ici après hydrolyse des silicates d'un entraînement par

---

Conférence faite le 7 juin devant la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

(1) Evans. Mettalic Corrosions. Edward Arnold and c°, Londres 1945.

la vapeur analogue à celui que l'on observe pour divers solides, en particulier pour l'acide borique. On conçoit les inconvénients qui en résultent, lorsque la silice entraînée vient se déposer dans les régions où la température est plus basse. La chose est particulièrement redoutable dans les turbines alimentées par la vapeur à haute pression (2).

Il arrive fréquemment que, pour épurer les eaux naturelles, on doive avant toute chose les débarrasser des matières solides qu'elles peuvent tenir en suspension. Le procédé le plus immédiat consiste à les abandonner dans un bassin de décantation, et de laisser les impuretés se déposer sous l'effet de la pesanteur. En réalité, les conditions dans lesquelles ce dépôt se produit dépendent d'une série de facteurs : densité, grosseur et forme des particules solides, réaction du milieu, etc. La question, étudiée pour la première fois par Schloesing dans le cas des substances argileuses a montré que l'on pouvait agir sur la vitesse de sédimentation en appliquant les données d'un chapitre trop souvent négligé des sciences physiques, je veux dire la physico-chimie colloïdale.

C'est également à des phénomènes colloïdaux que l'on doit rattacher les autres procédés utilisés pour la clarification des eaux troubles : la filtration et la coagulation. Il est inutile de définir ce que l'on entend par filtration ; par contre il importe d'insister sur le fait qu'il ne s'agit pas là d'un procédé mécanique analogue au tamisage. Très fréquemment en effet, les particules arrêtées par les filtres ont des dimensions inférieures à celles des pores, et sont retenues sur les parois de ces pores par le phénomène dit d'adsorption, c'est-à-dire par un mécanisme analogue à celui de la fixation des gaz ou des corps dissous par les charbons. Or, c'est là un phénomène essentiellement sélectif, dépendant à la fois de la nature du filtre et de celle de la matière retenue. Le procédé de coagulation n'est autre chose que ce qu'on appelle en œnologie collage des vins, qui consiste à clarifier le vin par une membrane d'albumine qui en tombant, fixe par adsorption les matières en suspension. Dans le cas des eaux on utilisera un sel soluble, généralement un sel d'aluminium qui avec les sels calcaires dissous donnera naissance à un précipité gélatineux (3).

***

Pour l'élimination des matières dissoutes dans les liquides, la méthode la plus généralement utilisée est la distillation. Elle est couramment employée dans les laboratoires et moyennant des précautions minutieuses, elle permet d'obtenir de l'eau à peu près chimiquement, voir même physico-chimiquement pure. En opérant dans des récipients inaltérables à l'eau (argent, verre pyrex, etc.) et en travaillant en présence de réactifs convenables, on peut par

(2) Le conditionnement des eaux industrielles. Editions de Chaleur et Industrie, Paris.

(3) René Dubrisay. Phénomènes colloïdaux. Libraire Armand Colin, Paris.

distillation obtenir un liquide dont la conductibilité spécifique ne dépasse pas $0{,}5 \times 10^{-6}$ inverses d'ohms.

Il n'est évidemment pas nécessaire pour les aplications pratiques courantes d'atteindre un semblable degré de pureté. Néanmoins, dans une distillation industrielle bien conduite on ne trouve pas plus de quelques milligrammes de sels dissous par litre, et, en particulier, l'eau épurée est parfaitement exempte de silice. Par contre, elle contient toujours des gaz dissous et en particulier du gaz carbonique : un traitement complémentaire est donc indispensable pour éviter la corrosion des métaux en contact. Mais le véritable inconvénient de la distillation est la dépense en combustible qu'elle entraîne : des problèmes assez complexes au point de vue économique se posent donc dans chaque cas particulier.

Lorsque les impuretés que l'on veut éliminer consistent essentiellement en carbonate acide, on peut par simple ébullition en provoquer la précipitation sous forme de carbonate neutre. Le sulfate de calcium lui-même peut se déposer si on chauffe l'eau qui le contient à une température suffisante. Cette méthode est utilisée dans l'alimentation des chaudières pour provoquer la précipitation en une région où elle ne présente pas d'inconvénients.

Parmi les procédés d'épuration physique, on peut citer enfin la méthode d'électro-osmose dont le principe est le suivant : on fait écouler le liquide à épurer dans un vase à l'intérieur duquel on a disposé une cloison imperméable à l'eau. Des électrodes sont placées entre cette cloison et les parois extérieures du vase. On fait écouler l'eau en même temps que passe le courant électrique. Les ions provenant de la décomposition des sels dissous se portent sur les deux électrodes, de sorte que l'eau du compartiment central est entièrement déminéralisée. Ce procédé est élégant, mais onéreux en raison de la consommation l'électricité qu'il comporte et n'a guère été utilisé que dans les installations de faible importance. Il ne permet d'ailleurs pas de se débarrasser de la silice.

⁂

Après la distillation, le procédé le plus anciennement employé pour l'épuration des eaux naturelles est le procédé chimique qui consiste en somme dans la simple application des lois de Berthelot. L'exemple classique en est fourni par l'adoucissement des eaux dures, réalisé par précipitation du calcium (ou du magnésium) au moyen du carbonate de soude ou de la soude, ou, plus généralement des divers produits proposés à cet effet (chaux, phosphates, aluminate de baryum, etc.).

Sans entrer dans les détails relatifs à la mise en œuvre de ce principe dans les divers cas particuliers, j'insisterai seulement sur le fait que l'on ne peut regarder les divers réactifs précipitants comme équivalents, puisqu'ils donnent naissance à des produits différents. De même les conditions dans lesquelles la précipitation est effectuée (température, agitation des liquides, mode d'addition du réactif,

etc.) agissent sur les propriétés du précipité (grosseur des grains, adhérence aux parois, dureté, conductibilité thermique, etc). D'ou résulte l'intérêt que présentent les dispositifs étudiés par les constructeurs, et leur possibilité d'application aux divers cas particuliers.

*
**

On sait aujourd'hui adoucir des eaux dures par simple filtration sur des minéraux naturels appelés zéolithes, ou des produits artificiels analogues désignés commercialement sous le nom de permutites. (4). Ce sont les travaux de l'agronome anglais Way, datant de 1852 qui sont à la base de ces procédés. Way avait constaté que l'ammoniaque était énergiquement retenu par la terre végétale. Mais si à l'ammoniaque on substituait un sel ammoniacal — le chlorure pour fixer les idées — on constatait que seul l'ion $NH^4{}^+$ était retenu, l'ion Cl^- restant en solution ainsi d'ailleurs que l'ion Calcium enlevé à la terre. De sorte que le phénomène pouvait être représenté qualitativement et quantitativement par l'équation chimique :

(I) (Terre, Ca) + $2NH^4\,Cl \rightleftarrows$ (Terre, $2NH^4$) + $Ca\,Cl^2$

Il convient d'ajouter que la réaction n'est pas complète : après avoir fait agir une certaine quantité de solution sur une certaine masse de terre, on constate que la solution filtrée contient à la fois des cations ammonium et des cations calcium. Une étude complète montre que la réaction est réversible, et conduit à un état d'équilibre. Mais si on répète l'opération, et que l'on verse des quantités successives de solution de chlorure d'ammonium sur une quantité fixe de terre, il arrive un moment ou l'ammonium ne se fixe plus : la capacité d'échange de la terre est épuisée. Inversement, si on fait agir sucessivement un volume déterminé de solution ammoniacale sur divers échantillons de terre, on pourra complètement extraire l'ammoniaque du liquide, et y substituer du calcium. En raison de la réversibilité de la réaction (1), en arrosant avec une solution de chlorure de calcium une terre dont la capacité d'échange est épuisée, on pourra la ramener à son état primitif.

Au début de ce siècle, un chimiste allemand, Gans, reconnut que ces phénomènes d'échange pouvaient se produire non seulement avec des solutions de sels ammoniacaux, mais aussi avec des solutions de sels alcalins suivant la réaction réversible.

(II) (Terre, Ca) + 2 Na Cl $\rightleftarrows$ (Terre, 2Na) + $Ca\,Cl^2$

Il y avait donc là une méthode permettant d'adoucir les eaux dures : mais elle restait pratiquement inapplicable avec la terre végétale qui tend on le sait à se délayer dans l'eau, de sorte que l'on n'aurait pu obtenir ainsi que des eaux limoneuses. Way avait reconnu que la capacité d'échange d'une terre était liée à la pré-

(4) Sabatier. Purification des eaux par filtration. Revue générale des Sciences. T. LVII, n°s 3-4 1950.

sence d'éléments argileux. Il avait alors tenté mais vainement de préparer des corps présentant ces propriétés : ce n'est que récemment que l'on y est parvenu soit par voie sèche, soit par voie humide. Dans le premier cas, on fond un mélange de kaolin, de sable siliceux et de carbonate de soude, et on broie de produit de la réaction puis on lave pour enlever l'excès de carbonate de soude. Par voie humide, on forme un gel en mêlant des solutions de silicate et d'aluminate de soude. Ce gel est ensuite séché et broyé.

Les alumino-silicates ainsi obtenus ont des compositions très voisines de certains minéraux naturels, les glauconites et les zéolithes qui, nous l'avons déjà signalé, peuvent vis-à-vis des solutions salines donner lieu à des phénomènes de permutation. Nous verrons plus loin l'importance de cette remarque.

On appelle capacité d'échange d'une permutite la quantité maxima d'élément alcalin que peut fixer un poids donné de ladite permutite, cette quantité étant évaluée en équivalents électrochimique.

Les réaction (I) et (II) étant réversibles, on peut leur appliquer les lois de l'équilibre chimique et spécialement la loi d'action de masses. Sans nous étendre sur les conclusions que l'on en peut tirer, nous mentionnerons seulement que si les ions à échanger ont même charge, l'équilibre ne sera pas modifié par la dilution des solutions traitées. Il n'en sera pas de même si les valences des éléments sont différentes : en particulier s'il s'agit d'adoucir les eaux calcaires, la dilution déplace l'équilibre dans un sens correspondant à la fixation du calcium, ce qui est en accord avec l'expérience.

Dans la pratique, on dispose la masse filtrante dans un tube, de telle sorte que les eaux à épurer ayant perdu une certaine quantité de calcium au contact de la tranche supérieure de permutite, viennent en contact d'une nouvelle tranche, au contact de laquelle un nouvel équilibre s'établit entraînant un nouvel adoucissement et ainsi de suite : de sorte que le long du filtre la teneur en sels alcalino-terreux tend asymptotiquement vers zéro. Mais dans la pratique ce résultat ne sera pas atteint si l'on n'a pas déterminé la longueur du dispositif filtrant en tenant compte à la fois de la vitesse d'échange et de la vitesse de circulation du liquide.

Le mécanisme des réactions de permutation a pu être interprété au moins dans le cas des zéolithes grâce à l'étude de ces minéraux par spectrographie X (5). L'unité structurale est ici constituée par un groupe de cinq atomes, les quatre atomes d'oxygène étant placés au sommet d'un tétraèdre régulier dont le centre est occupé par un atome de silicium ou d'aluminium, les liaisons entre l'atome central et les atomes d'oxygène étant assurées par des valences homéoploires. Ces tétraèdres peuvent d'ailleurs s'associer de telle sorte qu'un ou plusieurs des atomes d'oxygène soient mis en

(5) Sabatier. Revue générale des Sciences, T. LVII, n°s 3-4 1950. Wyart. Bulletin de la Société française de minéralogie. T. 56. 1933.

commun entre les tétraèdes associés. Mais chaque fois que dans un tétraèdre un atome de silicium tétravalent est remplacé par un atome d'aluminium trivalent, un électron se trouve non apparié de sorte que l'ensemble pour chaque atome d'aluminium porte une charge négative, si bien que pour chaque atome d'aluminium existant il peut y avoir fixation par électro-valence d'un atome monovalent ou d'un demi atome bivalent.

Dans les cas des zéolithes, la spectrographie X montre en outre que le réseau présente une structure lâche et lacunaire. Ceci explique pourquoi ces corps peuvent fixer des molécules de gaz ou d'eau à la façon d'une éponge. Ces molécules se placent dans les espaces lacunaires et peuvent y pénétrer ou s'en échapper sans que la structure de l'ensemble soit modifiée. Les cations alcalins ou alcalino-terreux peuvent de même pénétrer dans les espaces vides, mais alors ils sont, comme il a été expliqué plus haut, retenus par électro-valence. Ceci s'accorde avec la conductibilité électrique relativement grande de ces minéraux. Cependant, en raison même des électro-valences qui les retiennent, ces ions ne peuvent s'échapper du cristal comme le faisaient les molécules gazeuses : mais si on place le zéolithe dans une solution électrolytique, rien ne s'oppose à ce que les atomes métalliques primitifs soient remplacés par les cations de la solution. Ces transpositions ont pu être suivies à la secptrographie X : par extrapolation, on admet que le mécanisme est analogue pour les permutites artificielles.

On avait pu à l'origine regarder l'emploi des permutites comme constituant pour l'épuration des eaux une solution parfaite et définitive. La dépense correspondante se bornait après installation du filtre, à l'acquisition du chlorure de sodium permettant de préparer la solution permettant de régénérer le filtre saturé d'ions alcalino-terreux (a). Néanmoins on a pu formuler à l'emploi diverses objections.

C'est tout d'abord qu'il n'y a pas à proprement parler purification de l'eau mais simplement substitution d'un cation à un autre cation, par exemple, remplacement du chlorure de calcium par le chlorure de sodium. Et ceci nous l'avons déjà vu peut entraîner des corrosions. Dans le même ordre d'idées. si les eaux à épurer contiennent le calcium à l'état de carbonate acide, il est dangereux de retenir tout ou partie des ions Ca^{++} sans toucher au gaz carbonique. On évitera bien en effet le dépôt de carbonate neutre dans les chaudières ; mais ce dépôt dont on connaît les inconvénients constitue par contre un enduit protecteur, et dans le cas actuel le gaz carbonique restant dissout à l'état de liberté rend l'eau aggressive (6). Lorsque les eaux

(a) Au moins en théorie, car en fait il convient de tenir compte de l'usure de la masse filtrante soit par action mécanique, soit par une destruction chimique sous l'effet des eaux acides ou alcalines.

(6) Voir en particulier le traité d'Evans et Langelier. J. American Water Works Association 1936, 28, 1500.

traitées sont ferrugineuses, les ions Fe^{++} sont bien arrêtées comme les ions Ca^{++} ou Mg^{++} (7), mais la réaction n'est pas réversible de sorte que le filtre ne peut être régénéré.

*
**

Ces inconvénients disparaissent si aux permutites on substitue des produits synthétiques, apparus sur le marché en 1935 et que l'on nomme échangeurs d'ions (8).

Ces corps se divisent en deux catégories : échangeurs de cations et échangeurs d'anions. Les premiers fixent les cations suivant la réaction

$AH + MeX \rightarrow Ame + HX$ ou $AH + Me^{+} + X^{-} \rightarrow AMe + H^{+} + X^{-}$

AH désignant l'échangeur de cation.

Exemple $AH + NaCl \rightarrow ANa + H^{+} + Cl^{-}$

Les échangeurs d'anions A'OH fixent les radicaux acides suivant la réaction

$A'OH + HX \rightarrow A'X + H20$ ou $A'OH + H^{+} + X^{-} \rightarrow A'X + H20$

Exemple $A'OH + HCl \rightarrow A'Cl + H20$

C'est nous l'avons dit à Way que l'on doit d'avoir reconnu dans la terre végétale le pouvoir d'échange des ions : mais ce pouvoir existe également dans les tourbes, les lignites, même dans les houilles. On l'attribue à la présence des acides humiques. L'activité est d'ailleurs accrue par l'introduction de groupements convenables et ce fut là l'origine d'une série de brevets destinés à protéger la fabrication d'échangeurs dits carbonacés. Mais en 1935, Adams et Holmès parvenaient à préparer des échangeurs dits synthétiques à partir des résines artificielles : phénoplastes, produits de copolymérisation du styrène, etc. Pour obtenir des échangeurs de cations, on introduit dans ces résines des groupements acides : SO^3H, CO^2H voir même OH. Ces trois groupements se comportent comme des acides de plus en plus faibles, de sorte que les résines carboxylées ou oxhydrilées ne peuvent être employées que dans des milieux à Ph moyens ou même élevés. Les échangeurs d'anions sont obtenus en introduisant dans les résines des groupements basiques : ce furent d'abord de simples groupements amino, qui étaient faiblements basiques et ne pouvaient être employés qu'en solutions acides. Il n'en va plus de même avec les produits modernes où l'on utilise des amines substituées par des radicaux aliphatiques qui les rendent

(7) Les eaux ferrugineuses sont fréquemment aggressives, et présentent en outre de nombreux inconvénients pour un grand nombre d'industries (blanchisserie, tienturerie, papeterie, etc.).

(8) Adams et Holmes J. of the Soc. of Chem. Industrry II-I-1915. Glueckauf Nature 775-1950. Trans. of the Faraday Soc. 7-1949.
Divers auteurs : J. Amer. Chem. Soc. 69-2769 à 2881-1947.
Austerweil Bulletin Soc. Chim. de France Fas. 12-1950.

fortement basiques. On peut même aujourd'hui transformer en solution d'hydroxyde NaOH une solution de chlorure de sodium.

Le mécanisme des réaction d'échange n'a pu comme pour les réaction zéolithiques être étudié par spectrographie X. Et ici, la question se trouve encore compliquée par la polarité de l'échangeur : en présence par exemple d'un échangeur de cations, l'ion alcalin d'une solution de chlorure de sodium va se partager entre l'acide chlorhydrique restant en solution et l'acide de l'échangeur : il faut donc tenir compte de la valeur comparative des « forces » des deux acides, et il n'est possible ni de mesurer, ni même de définir la force de l'échangeur puisqu'il s'agit ici d'un acide insoluble.

Au point de vue pratique, il faut retenir que l'on peut ici obtenir de l'eau pure, ou comme l'on dit parfois de l'eau absolue sans autre dépense que les frais d'installation première et, au moins en théorie, que l'achat des réactifs de régénération. Bien entendu, comme dans le cas des permutites, la masse filtrante s'use à la longue et ne peut indéfiniment être régénérée. Elle semble même dans certains cas et en particulier lorsque l'on traite les eaux résiduaires des villes être particulièrement vite altérée.

L'emploi des échangeurs d'ions est maintenant entré dans la pratique. En particulier, dans les sucreries, cette méthode permet tout à la fois de réduire la proportion des mélasses, et de floculer les matières organiques non sucrées sans qu'il soit besoin de recourir au procédé classique du chaulage. Dans un autre ordre d'idées, on doit également citer la récupération des matières précieuses existant en solutions très diluées.

⁂

J'ai dans tout ce qui précède parlé seulement des eaux naturelles. Je ne saurais développer ici, dans tous ses détails, la question de la purification des eaux résiduaires, dont le déversement dans les cours d'eau présente tant d'inconvénients et entraîne de multiples litiges. D'ailleurs les procédés que j'ai décrits restent applicables aux eaux usées, en les adaptant bien entendu à chaque cas particulier. Mais il peut arriver que les matières à éliminer existent en proportion telles que certains procédés, par exemple l'emploi des échangeurs d'ions, aboutisse en l'état actuel à des dépenses prohibitives : il faut dans ce cas combiner des solutions moins parfaites mais aussi moins onéreuses.

⁂

Pour les eaux destinées à l'alimentation humaine, en dehors de l'élimination éventuelle d'un excès de matières minérales, on doit assurer une pureté bactériologique complète, au moins en ce qui concerne les microbes pathogènes. C'est tout d'abord aux procédés de filtration que l'on fit appel pour y parvenir, et la chose se produit en quelque sorte naturellement grace aux éléments colloïdaux du sol lorsque l'on utilise les eaux de source captées assez loin des lieux

habités. C'est par le même mécanisme que l'on a pendant longtemps purifié les eaux d'alimentation au moyen de filtres-filtres en charbon ou en porcelaine. Mais il convient d'insister à nouveau sur le fait qu'il ne s'agit pas ici d'une opération de tamisage (9) : les microbes ont des dimensions très inférieures à celles des pores du filtre ; ils sont fixés par adsorption sur les parois de ces pores qui en sont rapidement tapissées et se transforment en véritables colonies microbiennes : il est donc indispensable de procéder fréquemment au nettoyage et à la désinfection de ces filtres, ce qui explique que dans les intallations particulières on recommande plutôt aujourd'hui d'autres modes de stérilisation.

Le captage des sources entraîne des frais d'établissement considérables, et provoque de la part des habitants des campagnes des protestations telles que ces jours derniers encore il s'en est produit contre certains projets de la ville de Paris. C'est pourquoi, à l'heure actuelle, on tend à utiliser les eaux de rivière qui, après clarification préalable par les procédés que nous avons décrits sont stérilisées par voie chimique ou physico-chimique. Il s'agit en général d'une oxydation réalisée soit par l'ozone, soit par le chlore ou ses composés (eau de Javel, chloramine, etc.). On peut également faire usage des radiations ultra-violettes suceptibles de détruire les micro-organismes.

Dans l'utilisation des eaux de rivière, il faut évidemment tenir compte des impuretés que peuvent y déverser les égouts ou les usines riveraines. C'est ainsi que dernièrement les parisiens se sont plaints à juste titre du goût et de l'odeur de l'eau qui leur était livrée : la chose tenait à la présence de traces infimes de composés phénoliques déversées par les usines à gaz situées en amont de la capitale. Au contact des produits chlorés utilisés pour stériliser l'eau de la Seine. le phénol donne naissance à du chlorophénol, qui même à l'état de traces indosables donne à l'eau une odeur insupportable (10).

*
**

Ce rapide exposé suffit peut être à montrer qu'en raison des découvertes modernes le problème de l'épuration des eaux peut être résolu par divers procédés basés sur des principes essentiellement différents. Dans chaque cas particulier, la solution à adopter dépend de la nature de l'eau à épurer, des usages auxquelles elle est destinée et des conditions locales. L'application des principes et des méthodes, de la chimie classique, de la chimie biologique et de la physico-chimie colloïdale permettra aux techniciens de faire un choix judicieux. Ce choix fait, il appartient aux réalisateurs d'y adapter un appareillage approprié, et ce n'est pas là tâche négligeable.

R. DUBRISAY.

(9) René Dubrisay. Phénomènes Colloïdaux, Paris, Librairie A. Colin.

(10) Il semble que des procédés aient été mis au point en Amérique pour parer à ces invonvénients.

L'Origine des Pays-Bas[1]

par J. H. F. UMBGROVE
Professeur à l'Université de Delft.

Deux phénomènes caractérisent le paysage hollandais : dans les provinces de l'Ouest, la surface du sol est très plate ; cette surface se trouve à quelques mètres *au-dessous* du niveau de la mer. La *fig.* 1 montre quelle partie du pays serait envahie par la mer, si des constructions artificielles n'avaient empêché un tel désastre.

FIG. 1. — La partie des Pays-Bas qui serait envahie par la mer si on n'avait pas construit de digues. L'extension de l'argile marine inférieure est indiquée par la ligne de traits.

Cette situation précaire et ancienne s'est aggravée au milieu du IX^e^ siècle. Depuis ce temps-là, la mer est devenue un ennemi de plus en plus dangereux ; les habitants des provinces de l'Ouest sont condamnés à une lutte constante contre les vagues de la mer du Nord. On a construit des fortifications et des digues le long de cer-

(1) D'après une conférence à la Sorbonne (8 mai 1951). Pour plus de détails voir le chapitre 2 du livre de l'auteur « *Symphony of the Earth* » (Edit. Nijhoff, The Hague, Holland, 1950).

taines parties du littoral. Et, dans l'intérieur, à l'arrière des dunes, on a creusé des canaux et drainé le sol ; en un mot, on a créé ce paysage remarquable qu'on appelle les *polders*.

Quelle est la cause de cette menace de la mer et pourquoi commençait-elle à se manifester au IX^e^ *siècle ?*

Pour répondre à ces questions, il faut d'abord considérer l'histoire géologique des terrains superficiels des Pays-Bas.

Il existe deux cordons de sable et deux couches d'argile marine, séparées l'une de l'autre par une couche de tourbe (*fig.* 2). La surface de la couche la plus élevée est à peu près à deux ou trois mètres *au-dessous* du niveau de la mer. Comme le montre la *fig.* 2, les dunes se sont constituées en un système de bandes parallèles. Ces dunes, ainsi que la couche supérieure d'argile marine, n'existaient pas à

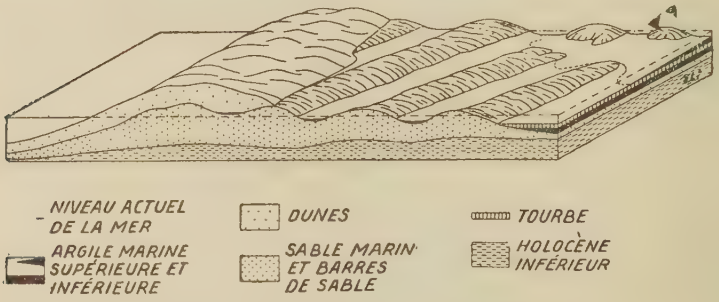


Fig. 2. — Bloc-diagramme schématique montrant les éléments géologiques des provinces de l'Ouest des Pays-Bas.

l'époque romaine. Ces deux éléments ont commencé à se déposer au cours du IX^e^ siècle. Comment expliquer cette situation ? Pendant longtemps, on a pensé que la formation de la côte hollandaise a commencé par l'accumulation d'une flèche littorale. C'était la théorie, paraissant très vraisemblable, que le cordon littoral devait son origine à la formation du Pas de Calais, c'est-à-dire à la rupture de la région émergée se trouvant auparavant entre l'Angleterre, la France et la Belgique.

Les produits de destruction des roches anciennes auraient été transportés par la mer vers le N.N.E., de manière qu'un cordon littoral, s'attachant à la côte des Flandres, se développait. De l'argile marine s'accumulait dans l'étang situé derrière la flèche littorale. Après quelque temps, l'étang était transformé en un bassin d'eau douce, dans lequel la tourbe pouvait s'accumuler.

Plus tard, la mer envahissait la région littorale. Ainsi l'argile marine supérieure s'accumulait sur la couche de tourbe. Une des régions envahies par la mer, appelée le Zuiderzee, fut transformée

artificiellement en un bassin d'eau douce, il y a une quinzaine d'années : c'est le lac Yssel d'aujourd'hui.

Voilà l'hypothèse assez simple, qui semblait expliquer tous les éléments géologiques des provinces de l'Ouest des Pays-Bas. On peut aisément la condenser en forme de graphique (*fig.* 3), montrant l'épaisseur des couches ainsi que le temps et la durée de leur formation. Mais surtout ce graphique met en évidence le trait fondamental de cette théorie. Pendant toute l'histoire, on voit un mouvement positif de la mer, c'est-à-dire une immersion, ou invasion marine, depuis 7.000 ans. Laissons hors de discussion si ce mouvement est une subsidence du sol ou s'il est d'origine eustatique, ou encore une combinaison de ces deux facteurs.

Pourtant, il y a nombre de raisons pour abandonner cette théorie.

Il y a deux cordons de sable, deux systèmes. Le système le plus ancien consiste en une série de bandes parallèles qui sont séparées l'une de l'autre par des terrains argileux. Ces cordons anciens

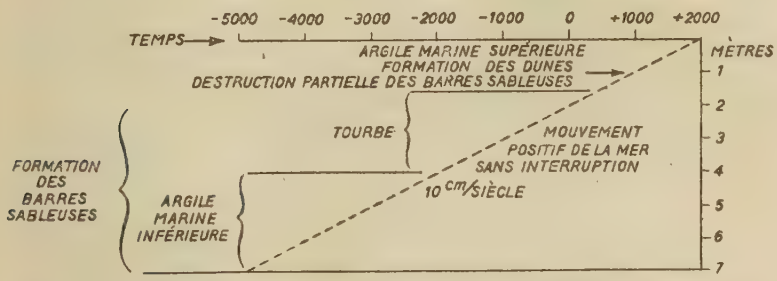


Fig. 3. — Graphique représentant l'origine des dépôts holocènes des Pays-Bas selon la théorie d'un mouvement positif ininterrompu de la mer.

sont envahis et en partie recouverts par des dunes plus récentes et encore par le littoral actuel au sud de La Haye (*fig.* 2). La théorie n'offre pas d'explication à ce trait assez remarquable. Mais on peut avancer encore d'autres objections plus sérieuses contre cette hypothèse qui (à première vue) semblait si plausible.

Originellement, on pensait que le sable provenait des roches autrefois émergées entre la France et l'Angleterre. On pensait que l'époque de la formation de la flèche littorale hollandaise devait être synchrone avec le moment où s'ouvrait la communication entre l'Atlantique et la mer du Nord, par le Pas de Calais. Dès lors, la flèche littorale commençait à se former, à s'étendre en direction Nord-Nord-Est.

Mais on sait maintenant que le Pas de Calais est bien plus ancien que la flèche littorale hollandaise.

D'autre part. M. van Veen a montré d'une manière convaincante qu'aujourd'hui il n'existe pas de transport de sable entre le Pas de Calais et le littoral hollandais.

D'où vient donc cette masse de sable ? Et pourquoi les dunes se formèrent-elles soudainement au IX^e^ siècle ?

Le Dr Baak a fait une étude pétrographique des sables des dunes et du fond de la mer du Nord ; il fournit la preuve que le sable n'est pas du tout originaire du Pas de Calais.

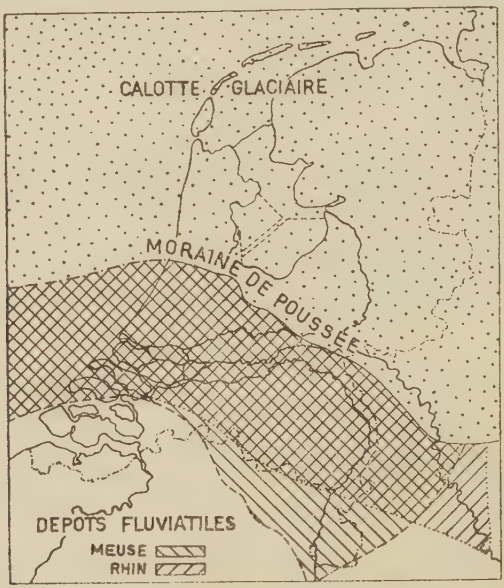


FIG. 4. — Le delta pré-glaciaire formé par les alluvions du Rhin et de la Meuse, et la moraine terminale de la calotte glaciaire Rissienne.

Regardons encore une fois la succession stratigraphique des couches subrécentes de Hollande : argile marine, tourbe, argile marine. Selon l'hypothèse (*fig.* 3), cette série se serait formée pendant un mouvement positif sans interruption. Mais alors comment comprendre la succession ?

Il est absolument impossible de concilier ces faits avec l'hypothèse d'une hausse relative et continue du niveau de la mer.

Il faut chercher une autre explication.

Les Pays-Bas sont situés dans une dépression de l'écorce terrestre : le bassin de la mer du Nord (*fig.* 11).

Le mouvement de subsidence, l'affaissement du sol, date d'environ deux cents millions d'années et la subsidence dure encore

de nos jours. Des matériaux clastiques étaient apportés en quantités énormes pour remplir la cuvette pendant que le sol s'affaissait. Encore aujourd'hui, des rivières comme la Meuse et le Rhin apportent des sédiments. Auparavant, leurs méandres se déplaçaient souvent sur l'énorme delta commun qu'ils formaient.

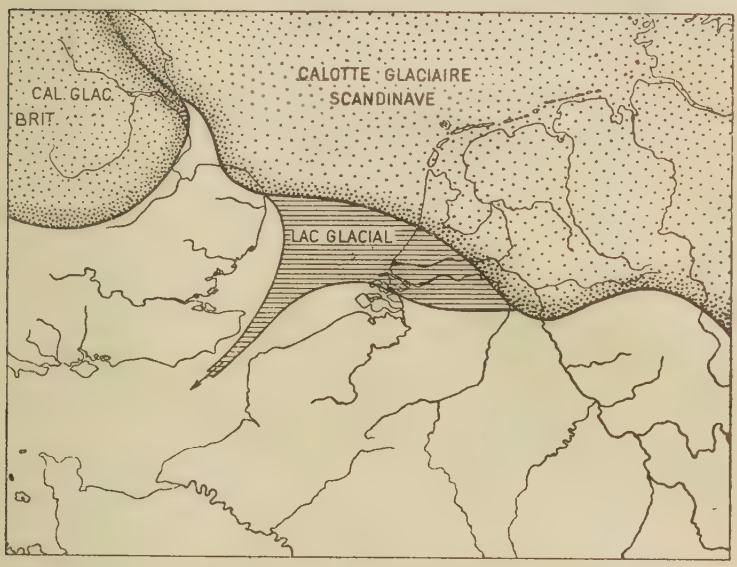


Fig. 5. — Lac glaciaire au front des calottes glaciaires dans la région de la mer du Nord (d'après P. Tesch).

Dans la partie septentrionale des Pays-Bas, ces sables fluviatiles furent recouverts par la calotte glaciaire scandinave du Quaternaire (ou Rissien). Une grande moraine frontale se formait ; le poids du glacier poussait devant lui les sables fluviatiles ; ainsi il se formait une moraine qu'on appelle une « moraine de poussée » (*fig.* 4). Nous avons aussi des drumlins (par exemple en Frise), des dépôts fluvioglaciaires, des cailloux erratiques avec de beaux fossiles du Gotlandien de Gotland, des phénomènes de cryoturbation, etc... Le grand glacier continental s'étendait plus loin vers l'Ouest, couvrant la partie septentrionale de la mer du Nord, pour y confluer avec un autre glacier continental qui couvrait toute l'Ecosse et l'Angleterre, à l'exception de la partie tout à fait méridionale. Les eaux du Rhin et de la Meuse devaient s'accumuler au pied des masses glaciaires, formant un lac (*fig.* 5). Et il est fort probable que les eaux, cherchant leur route vers l'Atlantique, faisaient la première incision étroite qui, plus tard, sera transformée en ce qu'on connaît maintenant comme le Pas de Calais. D'autre part,

les calottes glaciaires apportaient de grandes quantités de sable qui se déposaient dans la région de la mer du Nord actuelle, ce qu'ont démontré les recherches pétrographiques du Dr Baak (*fig.* 6). Ce qu'il a appelé le groupe A sont des sables d'origine scandinave. Le groupe E sont des sables d'origine anglaise. Les Pays-Bas sont entourés de sables qu'il a nommés groupe H. Ils consistent en minéraux provenant en partie de Scandinavie et en partie des régions Sud-Est, apportés par le Rhin et la Meuse.

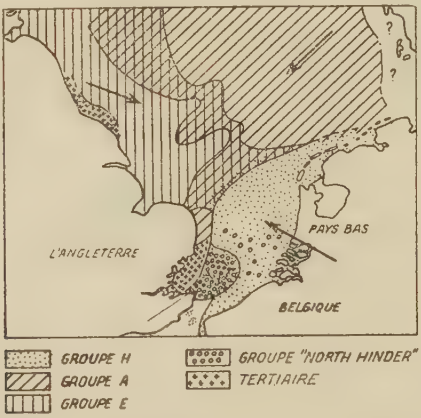


Fig. 6. — Carte pétrographique du fond de la mer du Nord (d'après A. Baak).

On peut comprendre ce qui se passait lorsque les grands glaciers continentaux commençaient à fondre et que le niveau de la mer devait monter graduellement. Toutes ces masses de sable étaient attaquées par les vagues et transformées en barrières de sable.

La *fig.* 7 montre les premières barrières littorales des Pays-Bas. L'accumulation de matériel amené dans le sens perpendiculaire à la côte a été prédominante, mais une barre de sable ne peut jamais se former sans l'action supplémentaire de déplacements le long de la côte, à peu près parallèlement à celle-ci. Il semble bien établi que plusieurs des barres sableuses trouvèrent des « points fixes » où s'accrocher. Ces points fixes sont les restes de dépôts glaciaires, comme ceux constitués par le Pléistocène de Wieringen, ou par le glaciaire de l'île actuelle de Texel. La côte des Pays-Bas peut donc être appelée une côte à lido, c'est-à-dire une côte barrée pourvue de quelques caractères des côtes à limans.

Les cordons de sable se sont formés à l'extérieur de la vraie ligne de rivage. L'extension maximum de la mer est déterminée par la limite orientale de l'ancienne argile marine qui se déposa en arrière des barres sableuses.

Il s'accumula environ 3 mètres d'argile marine ancienne. Au-dessus de celle-çi, 2,5 mètres de tourbe se formèrent pendant un laps de temps qui peut être estimé à environ 6.000 ans, pendant la période qu'on appelle « subboréale ». Or, un tel milieu n'avait aucune chance d'exister derrière les cordons de sable aussi longtemps que ceux-ci possédaient des coupures donnant libre accès à la mer. Il dut évidemment exister de telles coupures dès le début, par nécessité d'une issue pour les eaux des grands fleuves.

Fig. 7. — Formation des premières barrières littorales des Pays-Bas (d'après F.-J. Faber).

L'existence de la couche de tourbe constitue la preuve la plus convaincante qu'un retrait de la mer, ou plus exactement un mouvement relatif de baisse du niveau marin, a dû se produire.

Le diagramme (*fig.* 3) doit donc être modifié. On pourrait supposer que le niveau de la mer est resté stable, ou bien que le niveau du sol est resté stable. Acceptons provisoirement cette dernière hypothèse. Il faut que nous figurions un mouvement négatif de la mer. Ceci implique qu'un mouvement relatif en sens inverse s'est produit dans la suite (*fig.* 8). En effet, sans les constructions artificielles érigées par les hommes, le niveau actuel de la mer s'étendrait deux fois plus loin qu'à l'époque de l'argile marine ancienne (*fig.* 1).

Maintenant il semble très probable que nous pouvons corriger l'expression « mouvement relatif de baisse du niveau de la mer » et déclarer qu'il s'agit d'un véritable abaissement de ce niveau.

Il y a déjà trente ans que le géologue américain Daly soupçonnait l'existence d'un mouvement eustatique négatif, universel et assez récent, de l'ordre de quelques mètres et datant d'environ

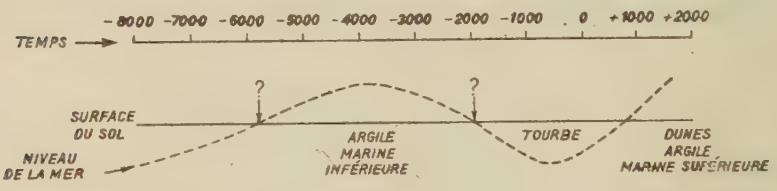


Fig. 8. — Graphique montrant le mouvement relatif du niveau de la mer.

4.000 ans. C'est exactement le temps où se formait la tourbe subboréale. Des plate-formes d'abrasion marine situées partout à peu près au même niveau de 6 mètres au-dessus de la mer étaient signalées dans le Pacifique, les Indes Néerlandaises, en Afrique, dans l'Atlantique et en Amérique, soit en fait un peu partout dans le monde.

Les nombreux exemples observés montrent que la théorie d'un mouvement eustatique négatif récent paraît fermement établie. Cette théorie a été renforcée par des observations de plus en plus nombreuses, réparties sur tout le globe.

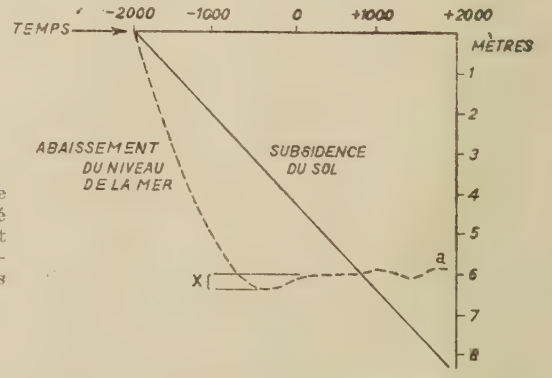


Fig. 9. — Graphique montrant l'effet combiné de subsidence du sol et de mouvements eustatiques dans l'Ouest des Pays-Bas.

Evidemment, il ne faut pas s'attendre à trouver une côte d'émergence dans des régions comme la Hollande, qui ont été l'objet d'une subsidence considérable. Mais la Hollande aurait un aspect très différent de l'actuel s'il ne s'était produit un abaissement récent du niveau de la mer, il y a 4.000 ans, et il n'y aurait sûrement pas eu de dépôts de tourbe.

De fait, l'amplitude de l'émersion indiquée par des parties plus stables de l'écorce terrestre est d'importance primordiale pour démêler l'écheveau des effets des mouvements du sol et de la mer en Hollande. Maintenant, puisqu'on peut constater quel était l'effet du mouvement eustatique, on peut en déduire également l'effet de la subsidence du sol. Car, même si le niveau de la mer s'est abaissé de — mettons 6 + x m. — et s'est relevé ensuite, il reste aujourd'hui une baisse du niveau de la mer de 6 mètres depuis que la régression a commencé (*fig.* 9).

Cette amplitude de 6 mètres a été dépassée par la subsidence du sol le long de la côte hollandaise. Et, en outre, on sait que l'effet de la baisse du niveau marin a cessé vers la moitié du IX^e^ siècle, lorsque se déclencha une nouvelle avancée de la mer le long de la côte hollandaise. Par conséquent, le mouvement négatif du sol doit avoir été de l'ordre de 6 mètres en 3.000 ans environ, ce qui implique une subsidence moyenne de 21 centimètres par siècle ; nous nous trouvons maintenant à deux mètres *au-dessous* du niveau de la mer.

La ligne en trait continu indique la subsidence du pays à un rythme uniforme pendant les dernières 4.000 années. La ligne en traits d'axe représente l'abaissement du niveau de la mer de 6 m le mouvement relatif le plus récent, mouvement d'élévation relative du niveau de la mer, débute évidemment au point d'intersection des deux lignes. A l'extrême droite, une légère ondulation est indiquée par *a*. C'est qu'en effet, les observations faites à 70 marégraphes répartis sur tout le globe — et qui ont été étudiées par B. Gutenberg — ont montré que, depuis 1885, le niveau de la mer s'est élevé à un rythme d'environ 12 centimètres par siècle. La cause de ce mouvement eustatique est évidente, parce qu'on sait que les glaciers et les calottes glaciaires ont reculé sur tout le globe dans le cours du siècle dernier.

Comparons à présent ce résultat avec ceux enregistrés par les marémètres dans la région côtière des Pays-Bas. Si la valeur de 12 centimètres doit être ajoutée aux 21 centimètres de subsidence du sol, les marémètres dans les districts côtiers de l'Ouest de la Hollande devraient montrer une hausse relative du niveau de la mer de 33 centimètres. Or, plusieurs ingénieurs ont déduit de l'étude des observations fournies par les marémètres une hausse relative de 30 centimètres.

En dépit de l'accord remarquable avec les observations des marémètres, le diagramme de la *fig.* 9 doit être considéré comme une grossière approximation. Il y a, en effet, plusieurs facteurs incertains. L'un est le caractère approximatif de l'échelle des temps ; le point de départ, 2.000 ans avant Jésus-Christ, n'étant qu'approximatif. Un autre facteur incertain est l'amplitude exacte de l'abaissement subboréal du niveau de la mer. Enfin, la subsidence du sol est représentée par une ligne droite. Il se peut que celle-ci

doive, en réalité, être remplacée par une ligne ondulée montrant une ou plusieurs périodes d'accélération ou de ralentissement.

La succession chronologique des dépôts récents dans l'Ouest de la Hollande ne peut être expliquée que par l'action combinée de mouvements du sol et de variations du niveau de la mer. Mais il est

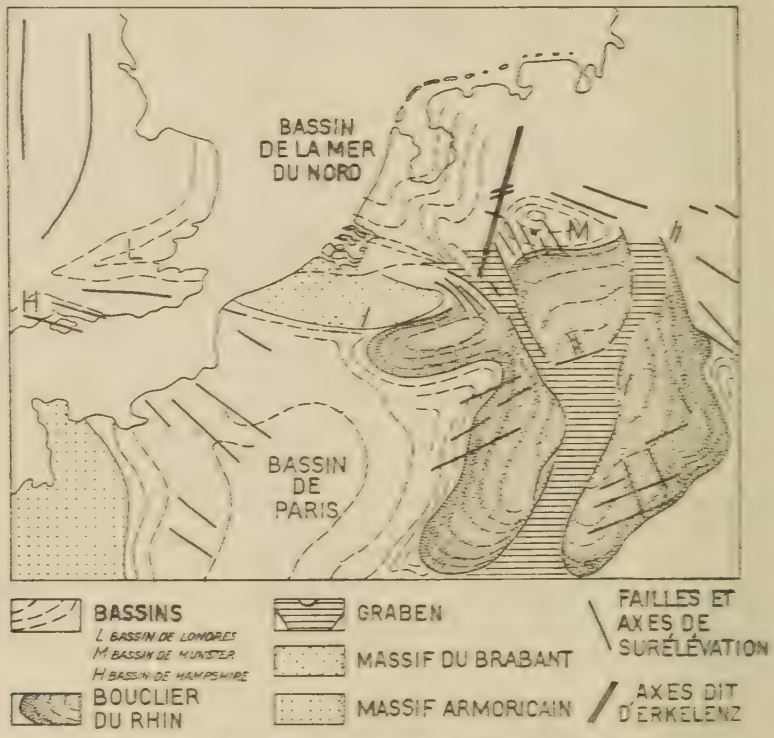


FIG. 10. — Formation des dunes résultant de l'élévation relative du niveau de la mer commencé au cours du IXe siècle.

un second problème qui s'explique par l'interaction de ces mouvements. Maintenant, en effet, la destruction des anciens cordons littoraux et la formation des dunes ne sont plus une énigme.

La forme actuelle de la côte s'est adaptée elle-même à l'élévation relative du niveau de la mer, et au système de courants prédominants. Ainsi la ligne actuelle du rivage recoupe la direction de la côte ancienne et les barres sableuses anciennes.

La mer reçut une grande quantité de sables provenant non seulement de la démolition des anciennes barres sableuses, mais aussi de régions plus profondes, par suite de l'ajustement de l'ancien profil sous-marin à la nouvelle ligne de rivage (partie poin-

rillée et partie hachurée verticalement de la *fig.* 10). Ce matériel s'entassa dans les dunes récentes. Conséquence des forts vents d'Ouest qui prédominaient alors comme à présent, les dunes récentes sont des formations qui sont très différentes des barrières de sables basses et parallèles qui furent modelées en majeure partie par l'action de la mer.

En même temps, l'élévation relative du niveau de la mer a causé de nombreuses invasions marines (laissant derrière elles les argiles marines récentes). Maintenant on comprend pourquoi, depuis le milieu du IX^e^ siècle, l'homme eut à s'occuper activement lui-même de la situation. Sans ses efforts persévérants, la Hollande serait devenue la proie des vagues. Pendant dix siècles, de larges portions du terrain ont été ajoutées au pays dans une lutte permanente contre la mer.

FIG. 11. — Limites structurales de la partie Sud du Bassin de la Mer du Nord.

Dans le but de procurer un sol neuf et fertile aux générations futures, une grande digue fut construite entre la Hollande et la Frise. La digue fut terminée en mai 1932. Deux ans après, l'eau salée de l'ancien Zuiderzee était devenue une étendue d'eau douce, le lac d'Yssel. Deux nouveaux polders ont déjà été ajoutés depuis, l'un à l'Ouest, le Wieringermeerpolder, et l'autre à l'Est, qui fut terminé en 1941. D'autres y seront ajoutés dans l'avenir.

C'est la subsidence du sol qui est notre grand ennemi. Par suite de l'action prépondérante de ce facteur, la mer est devenue automatiquement son allié depuis le IX^e^ siècle, un allié de plus en plus dangereux. Et comme nous ne pouvons pas arrêter notre ennemi numéro 1 en profondeur, nous combattons son plus dangereux allié qui essaie d'envahir nos provinces côtières. Pour l'avenir, nous ne pouvons espérer que deux choses : un accroissement des calottes glaciaires — pas trop prononcé ! — et un abaissement consécutif du niveau de la mer ; l'autre est que le mouvement de subsidence du sol s'arrêtera.

Quelle est la cause de ce mouvement de subsidence ?

Les contours structuraux du Bassin de la Mer du Nord sont des traits très anciens ou des axes de surélévation. A l'Est, c'est l'axe dit d'Erkelenz. La limite sud est formée par le massif du Brabant (*fig.* 11). Ces limites structurales — chose remarquable — coïncident à peu près avec les frontières Sud et Est des Pays-Bas.

L'origine du Bassin de la Mer du Nord, de même que sa subsidence, datent d'il y a très longtemps. La subsidence débuta il y a quelque 200 millions d'années, dans le Permien, et s'est poursuivie jusqu'à nos jours.

a) Le mouvement vers le bas de la surface du sol est le résultat de l'action combinée de divers facteurs, dont l'un, possible, est le *tassement des sédiments*. Il est tout à fait admissible que les sédiments assez récents soient seulement très peu consolidés. Cela est

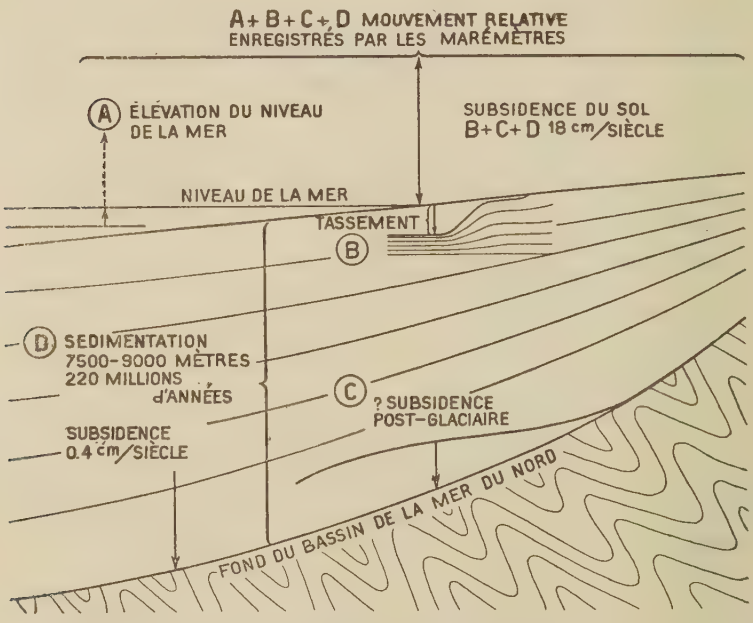


Fig. 12. — Section schématique du Bassin de la Mer du Nord montrant les facteurs discutés dans le texte.

certainement vrai des dépôts de tourbe. Le tassement des dépôts, et plus spécialement de la tourbe, est peut-être une des causes de la subsidence de la surface du sol. Mais nous ne disposons pas de données précises pour évaluer son importance.

Tout ce que nous savons est que le Bassin de la Mer du Nord est rempli de sédiments s'étageant depuis le Permien jusqu'aux temps actuels (*fig.* 12).

L'épaisseur totale des sédiments accumulés dans la partie centrale du Bassin peut être évaluée à 7.500—9.000 mètres. Ceci signifie une subsidence séculaire de 0,4 centimètres pendant les 200 derniers millions d'années.

Par conséquent, le mouvement de subsidence actuel est d'environ 50 fois plus rapide que la vitesse moyenne de la subsidence qui a eu lieu depuis le Permien.

Cette rapidité anormale peut s'expliquer par le tassement. S'il en est ainsi, il s'agit simplement d'un phénomène superficiel qui n'a rien à voir avec l'affaissement du fond du bassin.

b) Un second facteur agit peut-être à plus grande profondeur. Pour éclaircir ce point, il me faut revenir un moment aux phénomènes glaciaires.

La Scandinavie fut déprimée en bassin sous le poids de la dernière calotte glaciaire, celle de Würm. Il est probable que la région déprimée était entourée d'une zone annulaire en légère surrection, par suite du déplacement latéral de la matière située sous la croûte terrestre. Lors de la fonte de la calotte glaciaire, la croûte terrestre se trouve allégée et s'élève pour rétablir l'équilibre, tandis que la zone annulaire, qui était trop élevée, tend, au contraire, à s'affaisser.

A présent, la surrection de la Scandinavie est enregistrée par les marémètres situés le long du rivage de la Baltique et du Golfe de Bothnie. La surrection atteint jusqu'à 1 mètre par siècle dans la partie centrale de l'ancienne calotte glaciaire.

La ligne stable, c'est-à-dire la charnière entre les deux mouvements opposés, traverse le Danemark. Au sud de cette ligne on peut s'attendre à ce que le sol s'affaisse. Il est possible qu'une partie des Pays-Bas appartienne à cette *zone annulaire d'affaissement*. Ceci n'est toutefois qu'une suggestion. Il n'existe aucune observation qui vienne appuyer cette théorie, et on ne peut évidemment avoir aucune idée de l'ampleur de la subsidence qui pourrait résulter de ce facteur hypothétique.

c) Il est possible, cependant, qu'un troisième facteur exerce une influence, facteur problématique, agissant sous la croûte terrestre et cause première du mouvement de subsidence. Le fond du bassin continue à s'affaisser à la vitesse de 0,4 centimètres par siècle, mais il est très probable qu'il y a eu alternance de périodes de subsidence accélérée et de périodes de moindre subsidence.

Probablement, des *phénomènes subcrustaux*, qui sont universellement actifs, pourraient bien être la cause de l'accélération actuelle de la subsidence du Bassin de la Mer du Nord. De nouveau, cependant, nous ne possédons aucune donnée qui nous permette d'estimer de façon quantitative l'influence de ce facteur hypothétique.

Tout ce que nous pouvons déterminer pour l'instant, c'est la résultante approximative des *effets combinés des trois facteurs considérés*.

Symphonie

En lui-même, toutefois, le mouvement de subsidence possède quelques traits très caractéristiques, qui montrent que l'affaissement du fond du bassin est un facteur important. On peut, en effet, démontrer aussi bien l'existence d'un mouvement différentiel que le caractère intermittent de l'affaissement.

En outre, notre examen nous montre que les mouvements sont en relation étroite avec d'autres phénomènes.

Le système de failles et de grabens du Limbourg méridional plongent vers le NW., l'épaisseur des couches augmente vers le NW., c'est-à-dire vers le centre du bassin. C'est dans la même direction que le système de failles s'élargit pour former ce qu'on appelle le « graben central » des Pays-Bas.

Les failles jouèrent à plusieurs reprises et les mouvements différentiels le long des blocs eurent une grande influence sur la distribution et les variations d'épaisseur des sédiments du bassin. On en verra la conséquence sur les cartes montrant l'allure de la surface des strates dans le bassin à diverses époques.

Les lignes en traits d'axe dessinés dans les Pays-Bas sur la *figure* 11 montrent les isobases dessinées à la surface des dépôts préquaternaires.

En outre, on peut démontrer très clairement que le mouvement d'affaissement a été accéléré à certaines époques.

D'après les données que l'on possède dans le Limbourg, une inclinaison du sol le long d'une charnière située au sud peut être déduit pour deux époques, à savoir : 1°) après le Lias et avant le Sénonien, et 2°) pendant l'Oligocène.

Après le dépôt en couches subhorizontales de la série pré-Sénonienne, un mouvement d'inclinaison se produisit, puis il y eut une période de repos pendant laquelle s'accumulaient les sédiments du Sénonien et de l'Eocène. Ensuite, tout l'ensemble subit à nouveau un mouvement d'inclinaison vers le NW.

Le mouvement pré-Sénonien est à raccorder, au point de vue temps à l'époque de compression de la phase qu'on appelle Cimmérienne, laquelle est connue dans de nombreuses chaînes de montagnes. Le mouvement Oligocène est synchronique d'une des principales phases de plissement des Alpes. En outre, les deux périodes de mouvements sont marquées par des déplacements importants le long des failles du Sud des Pays-Bas, par la formation du graben du Rhin, etc...

Un des résultats les plus frappants de l'étude des bassins est que l'époque de leur origine et de leur remise en mouvement est en relation avec certaines époques de plissement et de formation de chaînes de montagnes, bien qu'ils se soient parfois formés à de grandes distances de ces structures.

Le mouvement de subsidence des bassins commence après une phase particulière de plissement. En outre, certains phénomènes dans l'histoire de ces bassins, tels que légères discordances, formation de failles, léger plissement et tendance répétée à s'affaisser, semblent en corrélation, en ce qui concerne le moment de leur production, avec des phases particulières bien connues dans les chaînes plissées. L'un et l'autre indiquent non seulement un processus interne profond, mais montrent, en outre, que le phénomène a une activité universelle.

Ainsi toute l'histoire du Bassin de la Mer du Nord, toute l'histoire géologique des Pays-Bas, n'est qu'un tout petit fragment de la grande Symphonie de la Terre.

J.H.F. UMBGROVE.

LES LIVRES REÇUS

BUSSON (Guillaume) et **LEFORT (Pierre).** — **Comment apprendre à piloter un hélicoptère.** (Chiron, Paris).

CAULLERY (M.). — **Organisme et sexualité** (Encyclopédie Scientifique, Doin, Paris). Prix : 2.300 fr.

DAVID (P.). — **Cours de Radioactivité générale,** tome II : **La Réception** (Eyrolles, Paris). Prix : 2.200 fr.

DES ABBAYES (Henri). — **Traité de Lichénologie** (Lechevalier, Paris). Prix : 3.000 fr.

DOURGNON (Jean) et **KOWALISKI (Paul).** — **La reproduction des couleurs** (Coll. Que sais-je ?, Presses Universitaires, Paris).

EMSCHVILLER (Guy). — **Chimie Physique.** I. : **Thermodynamique chimique. Equilibres gazeux** (Presses Universitaires, Paris). Prix : 1.200 fr.

GRASSÉ (Pierre-P.). — **Traité de Zoologie,** tome X : **Insectes supérieurs et Hémiptéroïdes** (Masson et Cie, Paris). 2 vol. cartonnés. Prix : 6.500 fr. chacun.

GRIVAUD (Léon). — **Traité pratique de Construction et aménagement des usines** (Béranger, Liége et Paris). Prix : 4.100 fr. relié.

GUYOT (A.-L.). — **La Biologie végétale** (Coll. Que sais-je ? Presses Universitaires, Paris).

JEANNIN (Albert). — **La Faune africaine. Biologie. Histoire. Folklore. Chasse** (Payot, Paris). Prix : 600 fr.

LABORDE (Simone). — **Le problème du Cancer** (Encyclopédie Scientifique, Doin et Cie, Paris). Prix : 1.100 fr.

MILLER (Henry A.). — **Electronic Applications** (E. et F. N. Spin, Londres). Prix : 18 sh.

NASH (K. L.). — **Elements of Soil Mechanics** (Constable and Co, Londres). Prix : 9 sh.

(suite page 244)

La notion de synchronisme en géologie

par Albert CAROZZI,

Privat-Docent à l'Université de Genève, Chef de travaux à l'Institut de Géologie de Genève.

I. — Exposé théorique.

Dans la nature actuelle, il est facile d'établir le synchronisme absolu entre deux dépôts sédimentaires formés dans des conditions paléogéographiques différentes. Dans les séries géologiques, le problème se complique ; les cas les plus favorables se présentent lorsqu'il y a passage latéral progressif visible, présence de faunes directrices identiques ou encore des raisons purement géométriques tenant compte des terrains encaissants.

Mais ces arguments font très souvent défaut, particulièrement dans les cas où l'on est amené à effectuer les raccords à distance des différents termes constitutifs d'un étage ou d'un complexe stratigraphique. En effet, on dispose en général de critères permettant de délimiter la base et le sommet, mais rien pour subdiviser l'intérieur de la formation. Dans un pareil cas, les raccords à distance sont couramment effectués *en parallélisant les niveaux lithologiquement semblables*. On comprend aisément le danger d'un tel procédé qui donne à une simple corrélation de faciès une valeur de synchronisme qu'elle ne possède pas forcément.

En outre, le raccord des niveaux lithologiquement semblables au sein d'une formation peut être appliqué souvent à une partie d'entre eux, tandis que pour d'autres on est obligé d'admettre *le synchronisme possible de deux faciès différents*, sans pouvoir préciser plus. Or, cette possibilité n'est en général admise qu'en tout dernier lieu après épuisement des autres modes de raccord, alors qu'en réalité elle est tout aussi probable que la première. Cette manière de procéder trouve son origine dans la notion des niveaux-repères constants sur de grandes distances, dont nous ne nierons pas l'existence, mais dont la généralisation, hâtive ou intuitive, conduit à des synchronismes manifestement erronés.

En résumé, le problème se pose comme suit : déterminer les conditions dans lesquelles les raccords de niveaux lithologiquement semblables ont une valeur de synchronisme ou ne sont que des corrélations de faciès, dégagées de toute notion de temps.

Dans les condition courantes exposées plus haut, seule l'investigation microscopique des roches et plus spécialement celle qui a trait aux minéraux détritiques permet d'aborder le problème.

Depuis plusieurs années, nous nous sommes astreint à des études micrographiques et statistiques détaillées d'un grand nombre de séries sédimentaires ; les résultats obtenus, vérifiés par le comportement des zones paléontologiques, permettent d'envisager la question des synchronismes à distance sous un jour nouveau.

L'exposé théorique de la méthode d'étude est réduit ici au minimum nécessaire pour la compréhension du problème qui nous intéresse (*). La seule mesure à effectuer sous le microscope est celle du *diamètre maximum apparent du plus gros élément détritique* visible en coupe mince, et qui est défini sous le nom d'*indice de clasticité*.

Il y a bien entendu un indice de clasticité pour chaque minéral détritique présent, mais dans les exemples présentés plus bas, il s'agit toujours du quartz. Quoiqu'il s'agisse de la mesure d'un diamètre maximum *apparent*, l'écart qui en résulte par rapport au diamètre maximum réel (obtenu par l'analyse mécanique) ne modifie pas de façon appréciable l'expression des conditions naturelles.

L'échantillonnage représenté par l'intervalle de séparation des coupes minces doit être de l'ordre du décimètre au minimum, quelle que soit l'épaisseur des niveaux ; ceci afin que l'on puisse construire avec précision *la courbe de variation en verticale de l'indice de clasticité* du ou des minéraux détritiques présents, base de notre essai d'interprétation.

En règle générale, on constate que pour une série donnée, *chaque faciès possède un indice de clasticité moyen et spécifique*. Ce fait permet du reste, dans d'autres buts, d'établir un classement des divers faciès par ordre de clasticité croissante ou décroissante.

La liaison clasticité-faciès n'est cependant pas absolue, elle souffre des exceptions dont l'étude donne précisément la clé d'interprétation des synchronismes à distance. Souvent, lorsqu'un niveau dépasse le décimètre d'épaisseur, on constate de fortes variations de son indice de clasticité alors que le faciès n'accuse aucune autre modification. Cela signifie qu'il s'est produit localement *une variation de la puissance des courants transporteurs de minéraux détritiques*, tandis que les autres conditions de sédimentation n'ont pas été modifiées de façon sensible.

Mais, en comparant entre elles les diverses coupes d'une même formation en vue d'établir les raccords à distance, on constate que

(*) Le lecteur trouvera l'exposé détaillé de nos méthodes d'interprétation des séries sédimentaires dans les ouvrages suivants :

A. CAROZZI « Contribution à l'étude des rythmes de sédimentation ». Archives des Sciences, Vol. 3, fasc. 1 et 2, Genève, 1950.

A. CAROZZI « Tectonique et rythmes de sédimentation ». Idem, Vol. 4, Genève, 1951 (à paraître).

les anomalies de clasticité aberrantes par rapport aux coupes dans lesquelles on les rencontre, sont en relation très étroite avec les changements de faciès décelables dans les autres coupes.

Nous sommes donc en présence d'une transmission à distance par les courants (marins ou lacustres) des contre-coups de changements de faciès locaux, liés par exemple à des mouvements du fond ou à toute autre cause modificatrice de la sédimentation. Ces effets à distance viennent ainsi interférer avec les processus locaux de sédimentation. Le moyen nous est ainsi fourni de déceler dans une coupe stratigraphique les facteurs locaux et les contre-coups de perturbations lointaines. La transmission de ces derniers par les courants peut être considérée comme instantanée par rapport aux processus de sédimentation et simultanée dans le cadre d'un bassin, comme le démontre du reste la coïncidence avec les zones paléontologiques.

Les résultats des raccords par comparaison des variations de l'indice de clasticité mettent en évidence que dans certains cas, deux faciès semblables sont bien synchrones, tandis que dans d'autres cas, deux faciès différents sont synchrones et doivent être parallélisés comme tels.

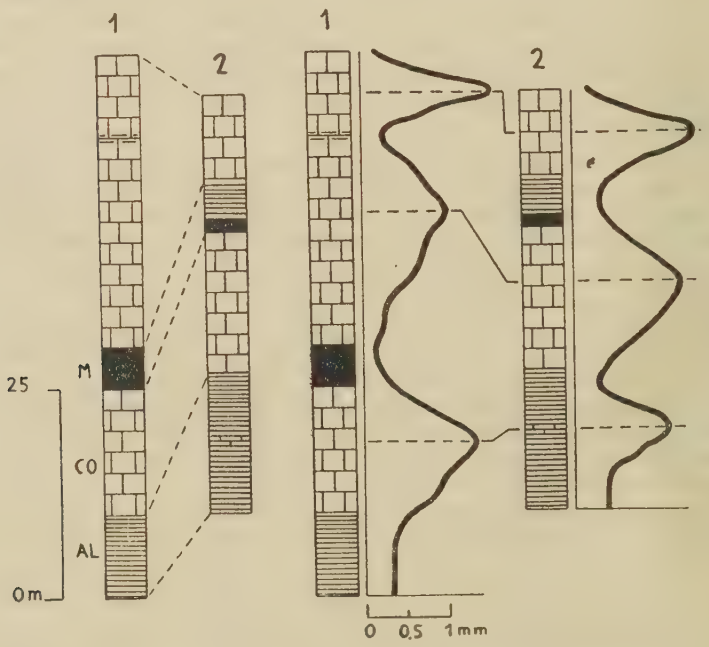


Fig. 1. — Valanginien calcaire de la nappe de Morcles, Haute-Savoie.

2. — Les exemples.

Pour chacun d'entre eux, est représenté d'une part le raccord des divers niveaux sur la base du parallélisme des faciès semblables ; on constatera dans plusieurs cas l'impossibilité de réaliser ce genre de corrélation pour la totalité des niveaux.

D'autre part, les coupes sont reproduites accompagnées de leur courbe schématique de variation en verticale de l'indice de clasticité du quartz. Les synchronismes sont alors tracés sur la base des variations des courbes, indépendamment de toute notion de faciès.

Dans tous les exemples, les coupes raccordées sont séparées par une distance ne dépassant pas 10 km. ; les indices de clasticité sont exprimés en mm. suivant une échelle commune figurée sous la première courbe.

1. — *Valanginien calcaire de la Nappe de Morcles, Haute-Savoie* (*fig.* 1.).

La série lithologique se compose de trois termes que nous retrouverons dans les deux exemples suivants et qui sont :

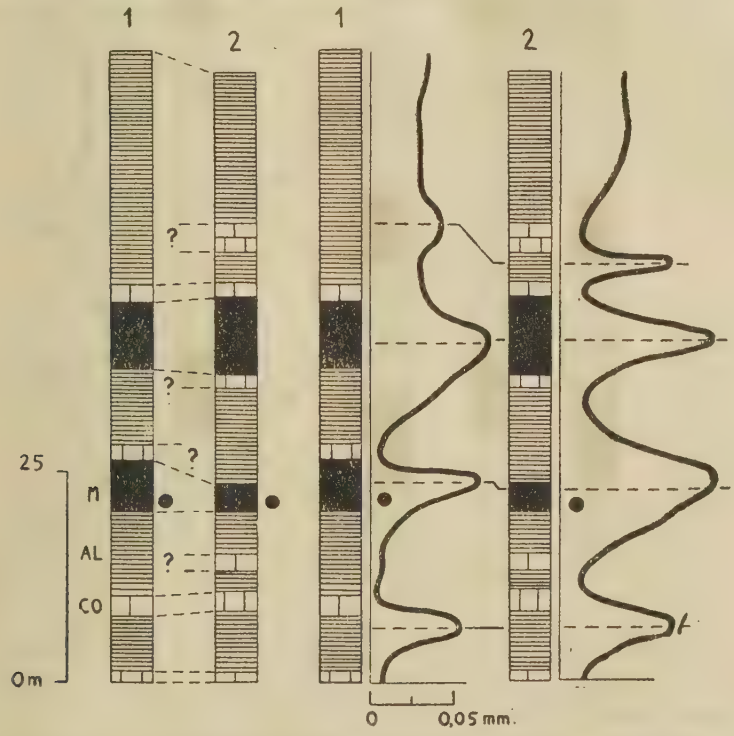


Fig. 2. — Infravalanginien (Berriasien) de la nappe de Morcles, Haute-Savoie
● : zone à *Thurmannites Boissieri* (Pictet).

1. Alternances très fines de calcaires compacts et de marnes (AL).
2. Marnes schisteuses (M).
3. Calcaires zoogènes et pseudo-oolithiques (CO).

Les variations des indices de clasticité montrent que les niveaux marneux ne sont pas toujours synchrones d'une coupe à l'autre. L'étude microscopique permet en outre de déceler de légères modifications de faciès accompagnant les anomalies des indices de clasticité et auxquelles on n'attribue en général pas d'importance, alors qu'elles sont significatives. Notons en outre que les parallélismes basés sur les similitudes de faciès obligent à envisager d'importantes réductions d'épaisseur pour le second niveau de calcaires zoogènes, tandis que le premier conserverait une épaisseur presque constante dans les deux coupes. Il faudrait alors admettre pour un même faciès des variations de la vitesse de sédimentation que l'étude détaillée ne confirme pas.

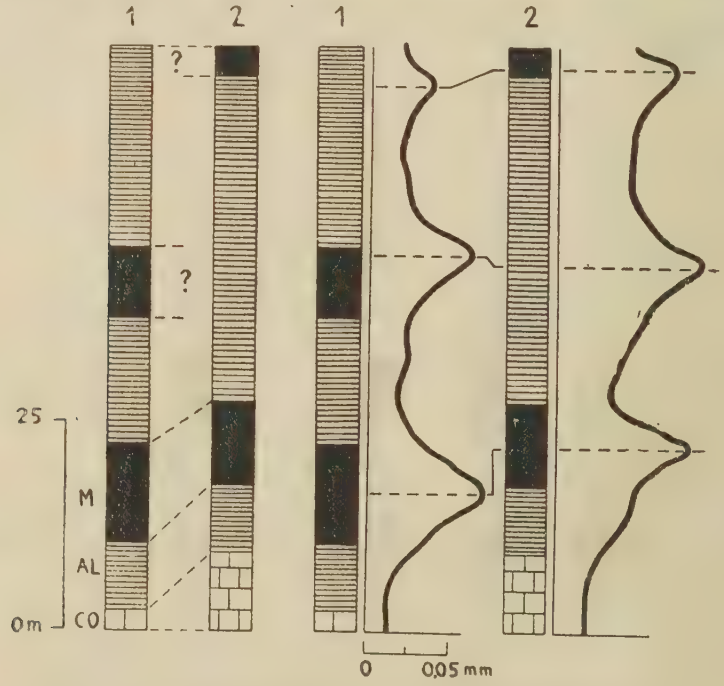


Fig. 3. — Hauterivien inférieur de la nappe de Morcles, Haute-Savoie.

2. — *Infravalanginien* (*Berriasien*) *de la Nappe de Morcles, Haute-Savoie* (*fig.* 2).

Les coupes montrent de nombreuses récurrences des trois termes lithologiques définis plus haut. Dans la plupart des cas, les faciès

semblables sont effectivement synchrones et les variations des indices de clasticité sont confirmées par le comportement de la zone paléontologique à *Thurmannites Boissieri* (PICTET).

3. — *Hauterivien inférieur de la Nappe de Morcles, Haute-Savoie* (*fig.* 3).

Dans cet exemple, le premier niveau de marnes schisteuses est synchrone dans les deux coupes ; les courbes de l'indice de clasticité permettent de tracer, dans la partie supérieure des deux séries, les synchronismes entre faciès différents.

4. — *Jurassique supérieur* (*Purbeckien*)*du Jura suisse méridional* (*fig.* 4).

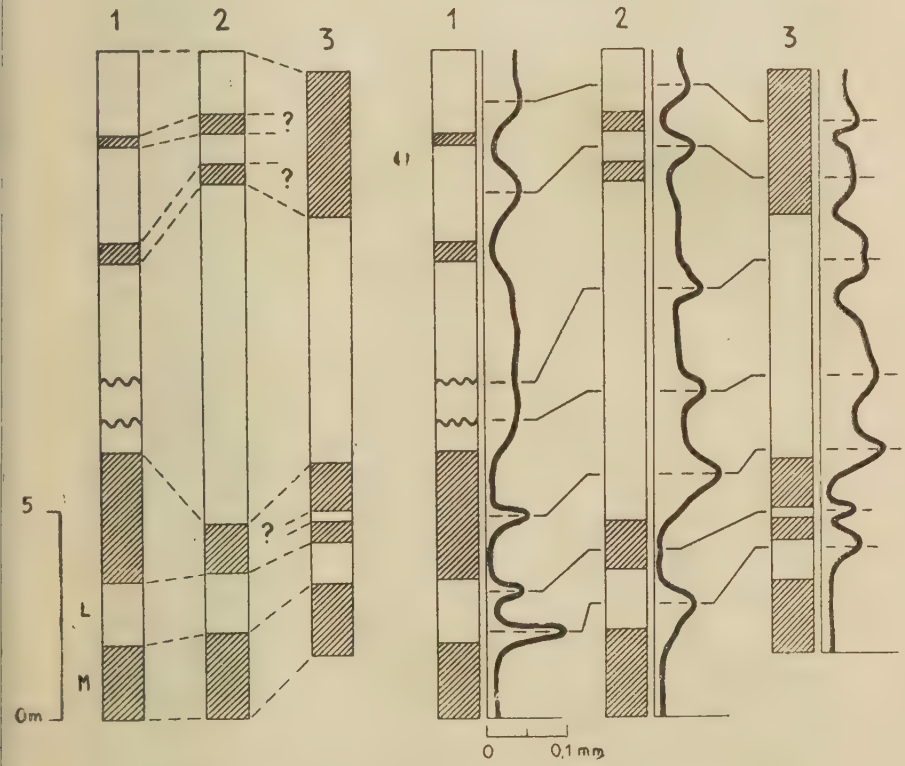


Fig. 4. — Jurassique supérieur (Purbeckien) du Jura suisse méridional.

Les coupes sont constituées par de nombreuses alternances de niveaux calcaires marins (M) et lacustres (L) provoqués par la forte instabilité tectonique de cette période ; il en est de même pour l'exemple suivant.

On constate parfois qu'en milieu lacustre les apports de minéraux clastiques peuvent faire défaut par effet d'isolement ; des surfaces d'érosion (traits ondulés) viennent alors témoigner des perturbations. L'allure des courbes des indices de clasticité mettent en évidence un fait supposé depuis longtemps mais dont la démonstration nous échappait, à savoir que le début et la fin des principaux épisodes lacustres sont variables d'un endroit à l'autre et que les variations de faciès sont tout à fait locales et liées aux conditions paléogéographiques.

5. — *Jurassique supérieur* (*Purbeckien*) *du Jura suisse septentrional* (*fig.* 5).

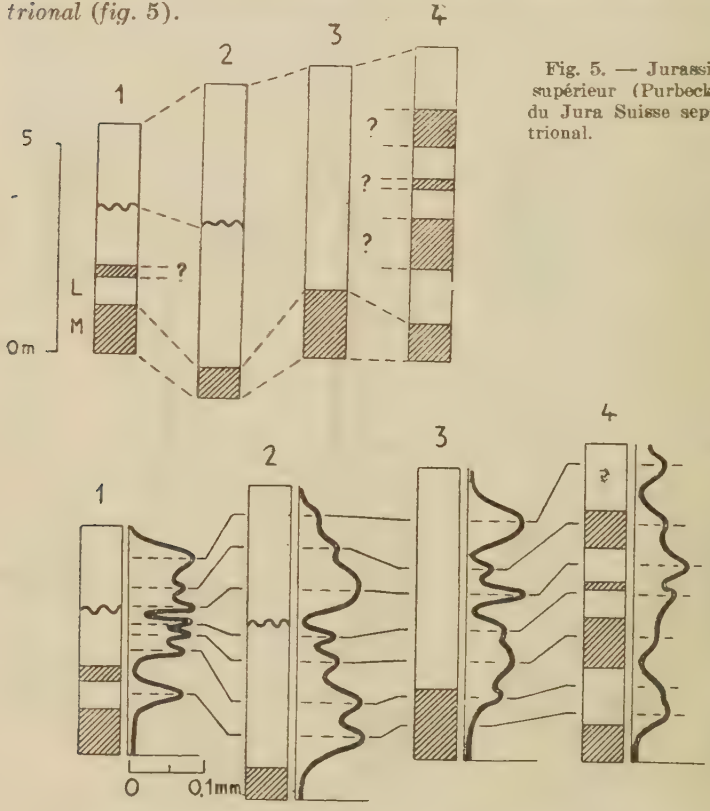


Fig. 5. — Jurassique supérieur (Purbeckien) du Jura Suisse septentrional.

Sans l'aide des courbes de variation de l'indice de clasticité, il est pratiquement impossible d'établir des raccords à distance à l'intérieur des coupes de cet exemple, surtout en ce qui concerne celles formées presque entièrement de niveaux lacustres. On remarquera les importantes anomalies de clasticité provoquées dans les trois premières séries par les changements de faciès de la dernière.

A. CAROZZI.

La Renaissance des Sciences Exactes à Paris

par P. SERGESCU

Ancien Recteur de l'Ecole Polytechnique de Bucarest
Directeur de l'Institut Universitaire Roumain Charles I^er^, à Paris

La création scientifique est un des faits dont Paris peut s'enorgueillir au plus juste titre. Depuis dix siècles, Paris est un des centres les plus importants au monde par son activité scientifique. De nombreux et essentiels tournants de la science y ont pris l'essor et ont façonné la contemplation de l'univers. Evidemment, chaque nation a apporté sa contribution au trésor commun du savoir humain. A ce point de vue, l'histoire des sciences nous donne des leçons magnifiques de solidarité de tous les hommes, en dépit de leur éloignement dans le temps et dans l'espace. Mais, quand on fait le bilan de ce qui a été acquis jusqu'à présent, on ne peut s'empêcher de reconnaître et d'admirer le rôle fondamental joué par la science française en général, et parisienne en particulier. L'activité scientifique de Paris ne s'est pas ralentie durant un millénaire. Il y a eu des hauts et des bas, comme dans toute entreprise humaine. Trois époques ont marqué surtout une sorte de primauté mondiale de la création scientifique parisienne : le XIV^e^ siècle, la première moitié du XVII^e^ siècle, et la première moitié du XIX^e^ siècle. Ces trois époques se relient entre elles et forment une manifestation éloquente de la continuité de l'effort fructueux accompli aux bords de la Seine en vue d'arracher à la nature ses mystères.

Je voudrais présenter ici quelques aspects de la renaissance des sciences à Paris, au XVII^e^ siècle. Cette renaissance est postérieure à celle des lettres et a été, en quelque sorte, entraînée par celle-ci. Mais elle a été préparée à partir du XIV^e^ siècle et n'a donné lieu à l'établissement de la structure actuelle de la science qu'au XIX^e^ siècle. Mon incompétence m'interdit de parler des sciences de la nature ; je me bornerai exclusivement aux sciences où la mathématique joue un rôle essentiel d'invention et de coordination.

L'explication antique du Système du Monde, placée sous l'autorité d'Aristote, a dominé toute la science durant près de vingt siècles. Il a fallu trois siècles de doutes et de recherches, pour saper le prestige scientifique, jugé infaillible, d'Aristote, et pour modifier la manière de penser des savants, afin d'aboutir à la structure moderne de la science. Les premières brèches dans le système aris-

totélicien se sont produites à Paris au XIV^e^ siècle. C'est alors que, par le seul effet de l'effort du raisonnement et sans l'appui de la connaissance de faits mathématiques, les Maîtres parisiens ont contesté des principes essentiels de la science aristotélicienne. Albert de Saxe approfondit le problème de l'infini, nié par Aristote. Il prouve la possibilité de l'infini en devenir (*in fieri*), il conçoit la notion de limite, atteinte et non atteinte. Grégoire de Rimini va plus loin ; il accepte l'infini actuel (*in facto esse*, ancêtre du transfini du XX^e^ siècle). Jean Buridan refuse d'accepter l'idée d'Aristote que chaque mouvement (non naturel) est dû à un moteur appliqué au mobile. Il invente le concept d'*impetus* (ancêtre de la force vive actuelle), qualité acquise par le mobile et qui détermine le mouvement. Par ailleurs, Buridan affirme, contre Aristote, l'identité des lois qui gouvernent les mouvements célestes ou terrestres. Nicole Oresme, précurseur de l'emploi des coordonnées, de l'étude des *extrema* des fonctions, conçoit la mobilité de la Terre.

Ces études représentent le début du mouvement qui devait se poursuivre durant trois siècles pour aboutir au rejet complet du système d'Aristote et à la création de la science moderne. Des recherches analogues ont illustré au XIV^e^ siècle l'Ecole d'Oxford, sous l'influence de Thomas Bradwardine. En Italie, il y avait une tendance différente, plus concrète, appuyée sur la tradition archimédienne. C'est la mathématique calculante qui s'y développe avec Léonard de Pise Fibonacci, et aussi les recherches de mécanique. Les deux tronçons, parisien et italien, de la science devaient se chercher durant près de deux siècles. Leur synthèse, effectuée par Léonard de Vinci, Cardan, et le travail de l'Ecole algébrique de Bologne du XVI^e^ siècle, forment des éléments essentiels de la renaissance des sciences exactes.

D'autres facteurs ont aussi entraîné le changement lent de la mentalité des savants, en les préparant à regarder avec des yeux nouveaux des phénomènes connus. En réalité, la révolution scientifique n'a pas été provoquée par des connaissances sensationnelles de faits nouveaux, mais par la manière nouvelle de les interpréter. Le XV^e^ siècle apporte une quantité impressionnante de découvertes et de faits sociaux nouveaux qui modifient profondément l'attitude de l'homme devant l'univers. La découverte de l'Amérique par Christophe Colomb élargit la conception et les connaissances sur notre planète. L'imprimerie accélère le mouvement, par la diffusion rapide de la pensée. Les manuscrits du moyen âge, trop rares et trop coûteux, étaient forcément accessibles seulement à une petite élite de chercheurs ; le livre imprimé à partir du XV^e^ siècle, permet à tout curieux à s'initier aux problèmes de la science, d'où un intérêt accru de la société pour la création scientifique. La chute de Constantinople et l'exil de réfugiés grecs en Occident amplifie le mouvement de pénétration de la science originale grecque, et surtout des œuvres d'Archimède, négligé par les Commentateurs Arabes et,

partant, par les Latins d'avant le XV^e^ siècle. Or, cette connaissance apporte des méthodes nouvelles de raisonnement et provoque la création d'instruments nouveaux d'investigation. Grégoire de Saint-Vincent et Cavalieri reprennent les méthodes géométriques anciennes dans l'exploration du domaine infinitésimal. L'Ecole algébrique italienne, à qui l'on doit la résolution des équations du 3^e^ et 4^e^ degré, ainsi que des progrès dans l'élargissement de la notion de nombre (quantités imaginaires) et des notations, mène à F. Viète, le systématisateur moderne de l'algèbre. Grâce à lui, cette discipline devient un précieux instrument de travail et pourra permettre à Descartes et à Fermat d'inventer la méthode analytique en géométrie, événement qui a décuplé le domaine de la mathématique. Entre temps, Copernic avait présenté (en 1543) son hypothèse héliocentrique, en faisant branler les derniers piliers du système aristotélicien du monde. Les instruments nouveaux, comme la lunette, que Galilée utilise pour la première fois en 1609 pour l'exploration du ciel, permettent de découvrir des phénomènes inaperçus depuis l'existence des hommes (satellites, taches du soleil, etc.). La synthèse antique, qui ne pouvait s'appuyer sur de pareilles manifestations, inconnues à l'époque, était contredite par les observations faites grâce aux nouveaux instruments et devait crouler...

Cette cascade de faits provoque vers la fin du XVI^e^ siècle un état d'esprit d'exaltation scientifique. Les temps étaient mûrs pour la grande aventure de l'établissement de la science nouvelle. L'attitude des savants envers leurs objets d'étude avait changé du fait de l'accumulation d'hypothèses et de résultats nouveaux. La grande majorité des chercheurs sentait que l'ère de la physique d'Aristote, basée sur l'autorité du Maître incontesté durant vingt siècles, était révolue. Quelque chose de nouveau devait se faire jour. Tous les efforts étaient tendus vers la découverte de cette structure nouvelle.

Ce fut une belle époque d'enthousiasme intellectuel, ce début du XVII^e^ siècle. Mais combien dangereuse pour l'avenir même de la science. On ne démolit pas impunément un système qui avait dominé durant deux millénaires ! La physique aristotélicienne représentait un ensemble cohérent, où l'étude qualitative des phénomènes était le caractère principal. Cette physique détruite, il fallait reconstruire tout le savoir, en trouvant des structures et des enchaînements nouveaux entre les faits connus ou découverts récemment. La recherche des voies d'avenir dans la science entraîna d'abord une sorte de chaos. Chacun voulait suivre sa propre impulsion. Le rôle essentiel de la science française à cette époque a été d'établir l'équilibre entre toutes les tendances qui se faisaient jour et de poser les fondements des méthodes modernes de recherches. Galilée et son Ecole ont renversé la science classique et fait pressentir les voies nouvelles. C'est à Paris, dans la première moitié du XVII^e^ siècle, que ces voies ont été précisées et consolidées. Les Descartes, Pascal, Desargues, Fermat, Mersenne, Huygens ont contribué, à des titres

différents, à cette œuvre. Le génie des savants de l'époque a été admirablement complété par la clairvoyance des hommes d'Etat qui, comme Colbert, ont eu le génie de l'organisation et ont su attirer à Paris une pléiade de savants étrangers de premier ordre, tels Huygens, Cassini, Rœmer, Leibniz, qui ont largement contribué à donner à Paris l'aspect de capitale scientifique de l'époque.

Les détails de cette renaissance des sciences à Paris sont très instructifs. Le milieu intellectuel du début du siècle présentait plusieurs tendances. Il y avait, naturellement, des adeptes (malgré tout) de la physique aristotélicienne, évidemment périmée. D'un autre côté, un certain renouveau de l'esprit néo-platonicien conduisait vers des explications mystiques. Ceux qui ne reconnaissaient plus l'autorité d'Aristote étaient parfois tentés de demander à des qualités occultes, à la magie, les raisons des phénomènes physiques. C'était un mauvais chemin — suivi par les Naturalistes, les Sceptiques, les Libertins — chemin qui aboutissait à un regrès par rapport à la science scolastique. Les éléments réellement constructifs de la science moderne ont été : l'essor de la tendance de mathématisation, de l'étude *quantitative* (au lieu de celle qualitative, antérieure) et la mise en valeur de l'*expérimentation*. La tâche des savants du XVII^e^ siècle était d'établir l'équilibre entre expérience et déduction mathématique, et d'écraser les rêves mystiques des partisans des qualités occultes. Ce n'était pas facile de réussir. Un grand esprit, François Bacon, a puissamment lutté pour l'introduction de l'expérience dans les sciences ; il a même tenté de construire une nouvelle physique, entièrement opposée à celle d'Aristote, et basée sur l'observation et l'expérience, en excluant les déductions aprioriques. Mais les faibles connaissances mathématiques de Bacon ont voué sa tentative à l'échec.

En France, l'esprit nouveau attire les chercheurs et les amateurs de science. Il se forme des centres scientifiques un peu partout. Une école astronomique très active surgit en Provence, sous l'impulsion de Nicolas Fabri de Peiresc, où l'on emploie avec bonheur les premières lunettes astronomiques. Gassendi et l'abbé de la Valette sont les principaux collaborateurs de Peiresc. A Toulouse, le Conseiller au Parlement Pierre de Fermat utilise ses loisirs pour approfondir l'œuvre de Diophante, récemment éditée en Occident, et pour en tirer les fondements de la théorie moderne des nombres. En même temps, il invente la méthode analytique en géométrie, les premiers principes du calcul des probabilités, une méthode différentielle qui emploie, avant la lettre, la notion de dérivée, des quadratures plus perfectionnées que celles de Cavalieri. Mais Fermat est plutôt un isolé. Le grand effort collectif de création scientifique se place à Paris.

Il s'y trouvait dans la première moitié du XVII^e^ siècle un excellent animateur, doué d'une force de travail peu commune et d'une curiosité très vive. C'était le Père minime Marin Mersenne, dont

le couvent, près de l'actuelle place des Vosges, fut le berceau de réunions savantes hebdomadaires, à partir de 1635. Ces réunions forment le noyau de l'Académie des Sciences de Paris, organisée officiellement en 1666 par Colbert. On y rencontrait tous les savants résidant ou de passage à Paris : Descartes, Huygens, Desargues, Pascal père et fils, Gassendi, Roberval... Leurs discussions portaient sur l'interprétation à donner aux faits scientifiques connus ou nouvellement découverts. C'était un effort *collectif* en vue de déblayer le terrain et de trouver la voie moderne. C'est à la suite de ces réunions que les idées se sont précisées et que les attitudes modernes devant la science ont pris consistance. Par ailleurs, le rôle d'animateur du Père Mersenne ne s'est pas borné à l'organisation de ces discussions. Il a passé sa vie à mettre en contact, grâce à une correspondance immense, les savants les plus éminents de tous les coins d'Europe, en provoquant des heurts d'idées, d'où devait jaillir la vérité. En somme, cette correspondance est un prélude à la création des revues scientifiques, instrument tellement important pour le progrès des recherches. C'est toujours dans cette intention que le Père Mersenne insère dans ses propres œuvres des travaux de ses contemporains ou d'auteurs anciens.

Les discussions entre savants dans la première moitié du XVII[e] siècle avaient trait, en premier lieu, à la *méthode scientifique* qui devait remplacer les déductions et les commentaires basés sur les principes aprioriques d'Aristote. Deux tendances se sont imposées et ont abouti à l'expression des principes fondamentaux de la recherche moderne. Elles sont illustrées par deux esprits totalement différents, mais qui se complètent admirablement : Descartes et Pascal.

Descartes affirme la primauté de la raison dans toute interprétation scientifique et est, par cela, le père du rationalisme. Il conçoit l'unité de la science, d'où l'unité de la méthode. Un des principaux apports de Descartes à l'avènement de la science moderne est justement l'établissement de cette méthode générale : analyse pour décomposer chaque phénomène complexe en ses élément simples et irréductibles ; synthèse de ces éléments simples en systèmes de plus en plus complexes ; dénombrement de tous les cas possibles ; admission comme vraies uniquement des idées si claires et si distinctes qu'elles s'imposent comme évidentes. En appliquant cette méthode à la géométrie, Descartes considère comme éléments irréductibles le couple grandeur et forme. La grandeur peut se réduire en nombres. Or, Descartes prouve que la position de chaque point dans le plan peut être déterminée à l'aide de deux nombres, ses coordonnées. Donc, la forme aussi peut être réduite en nombres et, par conséquent, toute la géométrie peut être construite à partir des nombres, de l'algèbre. C'est le principe de la *méthode analytique* en géométrie, qui devait bouleverser toute la mathématique. D'une manière analogue, Descartes admet comme éléments simples des phénomènes physiques le couple étendue figurée et mouvement.

Celui-ci se communique à la matière environnante et crée ainsi un « tourbillon » qui est à la base de toute explication physique. En dernière analyse c'est encore une réduction au nombre. Elle représente le début du mécanisme moderne, où l'explication mathématique, quantitative, remplace l'analyse qualitative. Néanmoins, influencé par la scolastique, Descartes dépasse le domaine de la physique et énonce une métaphysique qui a une parenté de structure avec celle d'Aristote. Descartes reconnaît que les principes d'Aristote ne peuvent plus être admis, mais il tente de bâtir sa physique sur d'autres principes *aprioriques*, immuables, d'où toute connaissance se déduirait par voie déductive, mathématique. L'expérience servirait uniquement à illustrer les principes, mais non pas à les infirmer. A ce point de vue, Descartes est trop audacieux. Il faut nous résigner à reconnaître que les principes de la physique sont contingents et qu'ils dépendent de l'expérience.

Cet aspect de la question a été admirablement mis en valeur par Blaise Pascal. Celui-ci est, à l'opposé de Descartes, trop prudent. Il se contente de quelques îlots de vérité étayée par des expériences précises, minutieuses et nombreuses. Si on en déduit un principe, celui-ci est contingent, résultat d'expérience, et n'est valable que tant que l'expérience le confirme. Une fois ces principes (qui ne sont pas immuables) énoncés, on peut en déduire par voie mathématique les implications et conséquences. Par ailleurs, l'étude doit être orientée vers le point de vue quantitatif, mesurable. A cet égard, tous les fondateurs de la science moderne, Descartes comme Pascal, sont d'accord. Ce qui les sépare, c'est la conception métaphysique des fondements de la connaissance. D'ailleurs, en ce qui concerne Descartes et Pascal, ils diffèrent aussi sur d'autres points essentiels, même s'ils ne se rapportent pas à la structure même de la science. Descartes est un analyste par excellence, il traite les problèmes dans leur plus grande généralité possible. Pascal est un intuitif, il se borne à l'étude complète des cas particuliers. C'est cette différence de tempérament scientifique qui a empêché Pascal d'être le véritable créateur du calcul intégral. En effet, il a apporté des perfectionnements au calcul des indivisibles de Cavalieri, au point de l'amener au seuil de la méthode infinitésimale actuelle. Mais ses contemplations intuitives, qui ne voulaient pas s'appuyer sur la méthode analytique cartésienne, lui ont interdit d'aller plus loin. Il était réservé à Leibniz d'accomplir la synthèse de l'intuition pascalienne et de la méthode cartésienne, pour en inventer le calcul infinitésimal moderne (présenté au public en 1684-1686).

Par ailleurs, Pascal a renversé une des dernières conceptions d'Aristote en frayant le chemin à la physique moderne : Il a démontré l'existence du vide (qu'Aristote contestait). Avec Fermat, Pascal est au début du calcul des probabilités. Avec Desargues, il inaugure la géométrie projective. On lui doit également l'invention de la première machine à calculer.

Les cadres de cet exposé ne permettent pas d'entrer dans des détails. Notre tâche est de retracer l'atmosphère générale de la renaissance des sciences à Paris et d'indiquer les tendances les plus caractéristiques qui s'y sont affirmées. Néanmoins, il serait injuste de passer sous silence les autres acteurs principaux du renouveau.

Tout d'abord, Girard Desargues, architecte lyonnais, créateur de cours libres de géométrie à Paris. Par sa profession, il est entraîné à envisager la géométrie d'un point de vue plus concret. Il en déduit une vision toute nouvelle et originale, entièrement différente de la géométrie analytique de Descartes. Il conçoit les éléments des figures à l'infini et, en partant de la perspective, construit une théorie basée sur la projectivité des propriétés. L'œuvre de Desargues représente donc le début de la géométrie projective, qui ne devait être érigée en discipline autonome — et combien importante — qu'au XIX^e siècle. Durant les XVII^e et XVIII^e siècles, elle a passé inaperçue et oubliée, écrasée par sa grande nouveauté et par le succès spectaculaire de la géométrie analytique de Descartes.

Roberval et Gassendi, professeurs au Collège de France, prennent la même position devant la science, que Pascal et Mersenne : les principes ne peuvent être que contingents, tirés de l'expérience. L'astronomie doit bien des résultats à Boulliau et Morin, avant l'invention des instruments précis de mesures micrométriques par Auzout et l'abbé Jean Picard (1666). Ce dernier peut être considéré comme un des fondateurs de la géodésie moderne par son calcul précis de la longueur d'un degré de méridien en 1670. La détermination de la longueur du rayon terrestre qui s'ensuivit a permis à Newton de vérifier l'exactitude de son hypothèse de la gravitation universelle et de publier en 1687 ses immortels *Principia*, qui représentent la base de la mécanique et de l'astronomie modernes.

Les recherches des savants français de la première moitié du XVII^e siècle, ainsi que les résultats acquis par les Ecoles Italienne et Anglaise contemporaines, ont abouti, à la fin du siècle, à la création de la science moderne. Leibniz invente le calcul infinitésimal ; Newton fonde, en même temps que Leibniz, l'analyse mathématique et établit la mécanique rationnelle. Le XVIII^e siècle aura à systématiser ces disciplines, à perfectionner les détails et à ouvrir des voies nouvelles, grâce aux Euler, d'Alembert, Lagrange et Laplace. C'est à la fin du XVIII^e siècle et au début du XIX^e, que Paris apporte le couronnement de cette longue et féconde suite d'efforts. La mécanique newtonienne trouve son épanouissement complet dans la mécanique analytique de J.-L. Lagrange et dans la Mécanique Céleste de P.-S. Laplace. La méthode analytique en géométrie, inventée par Descartes, trouve son expression actuelle dans l'œuvre de Monge, qui réunit les points de vue de l'analyse et de la géométrie, crée la Géométrie Descriptive, fait faire des progrès

importants à la géométrie infinitésimale, et dirige les savants vers la mise en valeur de la géométrie projective, tombée dans l'oubli depuis Desargues et Pascal. Entre la géométrie du XVII^e^ siècle et celle du XIX^e^ siècle le cercle se ferme. Quant à l'analyse mathématique, elle doit ses assises actuelles toujours aux travaux du début du XIX^e^ siècle de Gauss, en Allemagne, et de Cauchy et Galois, à Paris. La Physique prend une structure de plus en plus mathématique, et donne naissance à la physique mathématique. Enfin, la Chimie sort du chaos de l'alchimie et des explications de la théorie du phlogistique de Stahl. C'est à la veille du XIX^e^ siècle que Lavoisier en établit la théorie moderne, en reconnaissant les éléments chimiques qui devaient remplacer les quatre éléments aristotéliciens, en introduisant l'étude mathématique, quantitative, à l'aide de mesures précises, des phénomènes chimiques.

Au XIV^e^ siècle, l'école nominaliste de la Sorbonne donne le signal de l'insurrection contre la science antique. La renaissance des sciences à Paris, dans la première moitié du XVII^e^ siècle, clarifie les idées sur les études nouvelles, établit les méthodes modernes de recherche et apporte des faits nouveaux qui devaient aboutir, à la fin du siècle, aux synthèses de Leibniz et de Newton. Ces dernières auront leur plein épanouissement à la fin du XVIII^e^ et au début du XIX^e^ siècle, grâce à l'œuvre de savants parisiens. Lutèce bimillénaire peut être fière, à juste titre, du travail scientifique accompli dans ses Ecoles, Bibliothèques et Laboratoires.

P. SERGESCU.

LES LIVRES REÇUS (suite)

PASCAL (Paul). — Chimie générale. III. : **L'individu physico-chimique** (Masson et Cie, Paris). Prix : 1.850 fr.

RIGAL (R.). — Cours de Radioélectricité Générale. Livre I : **L'Emission** (Eyrolles, Paris). Prix : 950 fr.

TRIOLLAIS (René). — La Chimie organique (Coll. Que sais-je ? Presses Universitaires, Paris).

VALLUZ (Léon). — Substances naturelles de synthèse. volume I (Masson et Cie, Paris). Prix : broché 1.200 fr., cartonné 1.800 fr.

VASSOGNE (G.). — Machines frigorifiques (Ch. Béranger, Liége et Paris). Prix : 2.400 fr.

VAUCOULEURS (Gérard de). — La Physique de Mars (Albin Michel, Paris). **Actes du Colloque international de Mécanique, Poitiers 1950. —** Tome I : **Allocutions, Etudes sur Descartes, Mécanique thermique. —** Tome II : **Etude sur la Mécanique des Fluides** (Publ. Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air). Prix : 1.800 fr. chaque volume.

LES LIVRES

AUBERT DE LA RUE (Edgar). — Recherches géologiques et minières aux Iles Saint-Pierre et Miquelon, 1 vol. in-8°, 75 pages, 18 planches, 1 carte géologique en couleurs au 1/50.000e. **Publication de l'Office de la Recherche scientifique,** Paris 1951.

Les Iles Saint-Pierre et Miquelon, situées tout près de Terre-Neuve, sont connues de tout le monde par les histoires de pêche ou de bootleggers ou encore par des curiosités politiques et fiscales. Nous avons rendu compte ici même, en 1946, de l'ouvrage très complet de M. E. Aubert de la Rue sur l'histoire et la géographie des îles (Saint-Pierre et Miquelon, Montréal 1944). De la constitution géologique de ces îles, personne ne savait rien. Plusieurs campagnes de recherches ont permis à l'auteur d'en poursuivre l'étude à diverses reprises entre 1932 et 1948, montrant la grande variété des formations qui font de cet archipel un véritable musée géologique naturel.

L'île Saint-Pierre est de nature exclusivement volcanique, formée de rhyolithes, de dolérites et de basaltes, Langlade, plus variée, possède du Cambrien fossilifère, des roches volcaniques et des dépôts glaciaires du Quaternaire. Miquelon est le domaine du Précambrien métamorphique et des roches volcaniques. La prospection des gîtes minéraux a montré l'existence de minerai de cuivre à Langlade et à Miquelon, de quartzites à magnétite, de pyrite de fer, de diatomite et de tourbe, mais les minerais métalliques ne sont pas connus en quantités exploitables.

Grace à M. Aubert de la Rue et à l'Office de la Recherche scientifique Outre-mer, l'inventaire scientifique des territoires français s'est accru d'une excellente monographie.

R. FURON.

R. BAYER. — Recueil des travaux du XVe Congrès international de Philosophie des Sciences, Paris 1949. Act. Sc. et ind. Hermann ; fasc 1126 : épistémologie, 185 p., prix fasc. 1134 : logique, 150 p., prix fasc. 1137 : philosophie, mathématique, mécanique, 146 p., prix

Les trois fascicules cités représentent à peu près la moitié des travaux du congrès. Reste à paraître ceux qui concernent les Probabilités, la Physique, les Sciences naturelles, l'histoire et la pédagogie des sciences. Dans le riche apport déjà rassemblé, on ne peut manquer de retenir, **au titre de l'épistémologie,** le faisceau d'études présentées en hommage à H. Poincaré (A. Châtelet, G. Valiron, E. Le Roy, E. Borel), les réflexions de J. Abelé sur la mesure du temps, de M. Barzin sur le principe du déterminisme, de P. Ducassé sur la philosophie des techniques, de F. Fiala sur la stabilité du savoir, de L. Glangeaud sur la structure du réel. La communication linguistique n'est pas tout a fait la même, au point de vue de la méthodologie opératoire, qu'au point de vue de l'épistémologie traditionnelle : ce que montre F. Rossi-Landi. Ces exposés et d'autres non moins substantiels, étaient dignes de la préface qui en fût donnée, à l'ouverture, par A. Lalande, J. Hadamard, M. Caullery. G. Bachelard.

Au titre de la Logique, on remarque le libéralisme de Paul Bernays, notant que la séaration d'un calcul de propositions, précédés de l'axiomatique en logistique, ne constitue pas une exigence pour le raisonnement logique ; la position constructive de E. W. Beth face au problème des antinomés ; on distingue aussi divers thèmes d'études liés à la discussion et à l'interprétation du formalisme (Curry, Curvelo, Dubarle, Morot-Sir, Vacca-

rino, Vuysje), ou encore aux systèmes intuitionnistes et à leurs variantes (Heyting, H. Meyer, Van Dantzig).

Au titre des Mathématiques, signalons les critiques pertinentes adressées par A. Denjoy au formalisme rigide, que J. Dieudonné défend en principe, en sachant garder la mesure en ses propres mémoires ; les réflexions d'Emile Borel sur la définition en mathématiques et celles de B. Eckmann sur le leit-motiv continu et discontinu, ainsi que diverses notes de M. Janet, J. Favard, G. Valiron, P. Dubreil, B. Legre ; dans la même catégorie, celles de J. Pérès, R. Dugas et J. Kampé de Fériet, inspirées de la Mécanique. Beaucoup de nos lecteurs tireront profit d'un tour d'horizon à partir de ces textes très instructifs.

G. BOULIGAND.

BEAUJARD (L.). — Nouvelles méthodes de préparation des cristaux uniques d'aluminium et leurs applications à l'étude microscopique et cristallographique de l'état métallique. — Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air, n° 235, 1949, 58 pages.

Etude comparative des méthodes de préparation des gros cristaux uniques d'aluminium et mise au point de nouveaux procédés Puis, exposé des techniques (réactifs chimiques micrographiques, rayons X) mettant en évidence la structure plus ou moins parfaite des cristaux uniques, dont on sait l'intérêt capital en métallographie moderne.

G. GUILLAUMIN.

BOULANGER (G. R.). — Contribution à la théorie générale des abaques à plans superposés. — Robert Louis (Bruxelles) et Gauthier-Villars, édit. 1949, 117 pages. Prix : 1.200 fr.

L'ouvrage établit les fondements d'un théorie générale des abaques à plans mobiles superposés (transparents), c'est-à-dire, en somme, du nomogramme plan le plus général. Pour ce faire, l'auteur emploie souvent, assez naturellement, le langage de la mathématique moderne : considération, dans chaque feuillet plan, d'ensembles ou de familles d'ensembles linéaires, représentation symbolique des relations de position des dits ensembles, etc... Le travail se borne à la partie en quelque sorte topologique de la théorie ou, de façon précise, à l'étude des structures d'abaques a priori possibles ainsi qu'à leur classification. La partie proprement analytique, à savoir la recherche des classes d'équations qu'il est possible de représenter par les divers types d'abaques à plans multiples, reste à aborder. M. Boulanger a d'ailleurs complété son livre par un article paru récemment dans la présente Revue (1949, n^{os} 9-10).

G. GUILLAUMIN.

BOUTET (R. A.). — La haute atmosphère. — O. N. E. R. A., édit., publication n° 38, 1950, 121 pages.

On sait qu'on distingue, dans l'atmosphère, terrestre, à partir du sol : la troposhère (ou aquasphère), la stratosphère (ou cosmosphère), l'ozonosphère et enfin l'ionosphère (ou électrosphère). L'ouvrage est un précis de l'étude des couches les plus élevées. En réalité, d'ailleurs, la troposphère est en maint endroit considérée ; par contre, le chapitre nouveau et si attachant constitué par l'analyse théorique et expérimentale de l'électrodynamique de l'ionosphère est laissé hors du sujet. Sont abordées successivement les propriétés chimiques, thermodynamiques, optiques, acoustiques, biologiques et aérodynamiques. On s'est ingénié à donner et à faire comprendre le maximum de résultats en restant le plus possible concis. Il s'agit donc d'un livre tout à fait méritant, écrit dans un domaine que l'auteur a personnellement enrichi.

G. GUILLAUMIN.

CAMBON (T.). — Contribution à l'emploi des méthodes optiques en métallographie microscopique. — Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air, N° 236, 1949, 107 pages.

Les méthodes dont il est question ici sont basées sur l'application perfectionnée de l'étude, à l'aide de la lumière réfléchie, des propriétés optiques des minéraux opaques naturels au cas des métaux et alliages industriels. L'auteur expose d'abord les principes et la théorie des méthodes générales en cause. Il étudie ensuite les techniques, dans lesquelles le microscope polarisant et le photomètre à cellule photoélectrique jouent un rôle essentiel. Enfin, application est faite au cas particulier des bronzes, des alliages cuivre-antimoine et des siliciures.

G. GUILLAUMIN.

CAVALLAR (Kavaleridzé) (Wladimir). — Esquisse préliminaire de la carte des sols du Maroc au 1/500.000e. En couleurs. Rabat, 1950.

Carte claire, harmonieuse, dont la très belle venue fait honneur au Service de l'Agriculture et à l'auteur, et où tous ceux qu'intéresse la pédologie pourront puiser quelques renseignements préliminaires. On souhaite la publication de cartes plus détaillées dans lesquelles un même signe ne représenterait, dans la mesure du possible, qu'un seul type de sol.

A. CAILLEUX.

Cl. CHEVALLEY. — Introduction to the theory of algebraic functions of one variable. — n° VI de la coll. Mathematical Surveys. Amer. Math. Soc., New York, 1951. prix : 4 dollars.

L'auteur reprend la théorie en supposant que les coefficients du polynome dont l'annulation introduit la fonction étudiée peuvent être, au lieu de nombres complexes, les éléments d'un champ arbitraire. Cette extension apparaît naturelle à qui rapproche fonctions algébriques et nombres algébriques et son bénéfice s'étend aux ramifications transcendantes de la question. L'ouvrage s'attache surtout aux partie les plus élémentaires de la théorie, en mettant toutefois le lecteur à pied d'œuvre pour atteindre ses résultats les plus avancés. Les aspects nouveaux que prend, dans ce cadre l'étude des surfaces de Riemann, sont l'objet du dernier chapitre.

G. BOULIGAND.

CHOMBART DE LAUWE (P.) — Photographies aériennes (méthode, procédés, interprétation, l'étude de l'homme sur la terre). — 1 vol. in-8°, 140 pages, 118 figures et photographies, Paris, 1951, A. Colin, éditeur (Prix : 900 fr.).

La photographie aérienne, pratiquée depuis une trentaine d'années seulement, a trouvé des applications scientifiques qui ont déjà fait l'objet d'une abondante littérature.

M. Chombart de Lauwe la pratique en technicien et en spécialiste des sciences humaines. C'est le fruit de son expérience et de ses réflexions qu'il offre dans cet ouvrage.

La première partie est consacrée aux méthodes et aux procédés de la photographie aérienne, au classement des photographies documentaires. La seconde partie est composée d'une série d'études locales : un village français (Urt), la roche de Solutré, des vues archéologiques, des aspects agricoles et ethnographiques, des monuments. Une très riche illustration et des commentaires pertinents montrent au lecteur quelle somme de renseignements peut être récoltée à l'examen d'un bon cliché.

Outre son intérêt scientifique, cet ouvrage a l'avantage d'être fort bien présenté sur d'excellent papier ; il attirera l'attention non seulement des ethnographes et archéologues, mais encore des photographes et des aviateurs (professionnels ou passagers).

R. FURON.

W. DAMPIER. — Histoire de la Science et de ses rapports avec la philosophie et la religion. — Un in-8 de 608 p. (biblioth. Scient.), traduit de l'anglais par R. Sudre-Payot, Paris, 1951. Prix : 1.800 fr.

Cet ouvrage, justement célèbre dans les pays de langue anglaise, est l'un des tableaux les plus complets et aussi bien les plus saisissants qu'on ait donné de l'ascension de la pensée humaine depuis les origines jusqu'aux imposantes spéculations de la science moderne. Chaque spécialiste peut s'y documenter avec aisance, grace à l'index contenant plus de 1.200 **termes** et **noms propres,** grace en outre à la bibliographie donnée dans les renvois en bas de page. L'esprit synthétique de l'auteur a su dominer le matériel qu'il avait rassemblé, au cours de ses conversations avec des savants nombreux, et ainsi, l'œuvre réalisée apparaît celle d'un historien, au sens fort du terme. Le dernier chapitre sur **la Philosophie scientifique et ses perspectives** donne à l'ensemble une remarquable clef de voûte.

G. BOULIGAND.

R. FORTET. — Application des théories mathématiques : I. Calcul des Probabilités. — Un in-8, 15 × 20 de 330 p. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 1950. Prix

Le présent manuel a été rédigé à l'usage des physiciens, des ingénieurs et des biologistes. L'auteur ayant consulté à cette intention MM. Allard, Destouches, Fréchet, Joliot, Lucas, Magnan, Teissier. Dès le début, l'analyse combinatoire est reprise, en liaison avec divers thèmes importants : statistiques classiques et quantiques, théorie chromosomique de l'hérédité. Le lecteur accède ensuite à la notion de probabilité et à tout ce qui concerne les lois de probabilité, les variables aléatoires : noter l'emploi des termes **épreuve** (pour désigner une expérience où le hasard intervient), **catégorie d'épreuves, systèmes de constituants,** dont l'opportunité est reconnue par les expérimentateurs. La loi de Laplace donne lieu, non à une démonstration, mais à l'exposé des idées qu'elle met en jeu : et d'une manière générale, il s'agit plus d'expliciter les résultats fondamentaux que de les établir.

Au titre des applications, signalons : 1° une théorie de la **vision** qui tient pour aléatoires les instants d'arrivée des photons sur la rétine et qui se ramifie jusqu'à expliquer le bleu du ciel ; 2° les mécaniques statistiques (classiques, quantiques) ; 3° les liaisons téléphoniques, étudiées avec l'appui des chaînes de Markoff ; 4° les problèmes d'émission particulaire par les substances radioactives (avec recours à des compteurs de Geiger-Müller) et diveses questions connexes, d'intérêt suscité par les techniques nucléaires. La réalisation de M. Fortet marque un pas décisif, dans le sens des désirs des utilisateurs.

G. BOULIGAND.

F. FILLOUX. — Théorie électronique des corpuscules, Gauthier-Villars, Paris, 1947.

Dans cet opuscule, M. L. Filloux expose ses idées personnelles sur la constitution de la matière.

M. PARODI.

GOETHALS (Raymond). — Contribution à l'étude des diffuseurs en vue de l'application aux souffleries aérodynamiques subsoniques. — Préface de M. Toussaint. Publications Scientifiques et techniques du Ministère de l'Air, n° 243, 1vol. de 215 p., Paris, 1950.

La nécessité de la réduction au minimum des pertes d'énergie dans l'emploi des souffleries aérodynamiques a obligé jusqu'ici les constructeurs à utiliser des diffuseurs d'angle relativement faible, d'où des souffleries très longues et d'un prix de revient élevé. La réalisation par analogie aux ailes à fentes pour avions de diffuseurs à fentes dont le fonctionnement est entière-

ment automatique, a permis à M. R. Goethals d'utiliser dans de bonnes conditions des diffuseurs d'angles importants. Dans ce fascicule, il nous expose les résultats de ses travaux sur la réalisation et les conditions de fonctionnement des diffuseurs.

Après avoir rappelé au chapitre I les caractères généraux et les éléments de la théorie des diffuseurs, le chapitre II est consacré à l'étude d'un diffuseur de 24° avec diverses formes de fentes et à l'étude d'une maquette de soufflerie sonique munie d'un diffuseur à fente. Le chapitre III examine les méthodes de calcul de diffuseurs. Le chapitre IV expose le résultat d'expériences sur l'écoulement dans un tuyau cylindrique en régime turbulent évolutif et sur l'influence de l'humidité de l'air sur les écoulements à grande vitesse, ainsi que des applications de la théorie de la couche limite.

G. PETIAU.

GOGUEL (Jean). — Géologie de la France. — Un vol. in-16, 128 p., 21 fig., Paris, 1950. Collection Que sais-je ? Presses Univ. Fr., édit.

L'auteur traite la Géologie de la France sous son aspects tectonique surtout. Il se propose, dit-il, non pas de suivre et de décrire les caractères des régions naturelles que les lecteurs ont déjà à l'esprit, mais de montrer quels sont les événements qui, au cours de la formation géologique du sol français, ont successivement diversifié, compartimenté notre pays.

Les chapitres du volume suivent cette histoire : la sédimentation pré-hercynienne, la tempête orogénique hercynienne, le dépôt des terrains houillers, la rémission des temps secondaires, puis les grands mouvements orogéniques tertiaires des Pyrénées, de la Provence et des Alpes, enfin l'histoire post-alpine, avec tout son cortège d'événements (variations des lignes de rivage, volcanisme, glaciations). Le premier chapitre comporte des rappels chronologiques permettant au lecteur peu familiarisé avec la terminologie géologique de lire avec fruit cet ouvrage qui résume clairement les grandes lignes de l'architecture de la France.

R. FURON.

GUINIER (G.). — Eléments de physique moderne théorique. — II. Structure de l'atome et du noyau. 1 vol., p. 161-309, Paris, 1950. Bordas Edit.

Nous avons déjà examiné ici le premier volume des éléments de physique théorique de M. Guinier. D'une lecture facile, sans introduction de développements mathématiques d'un niveau supérieur à celui des connaissances des élèves venant des classes de propédeutiques, cet ouvrage donne un excellent exposé des méthodes de recherche et des résultats obtenus par la physique théorique dans ces trente dernières années. Ce second volume est consacré à l'exposé des théories faisant intervenir la configuration électronique des atomes et la structure des noyaux.

Le chapitre 4 expose la classification adoptée aujourd'hui pour les couches électroniques et les types de liaisons chimiques, la théorie de la molécule d'hydrogène, la théorie des forces de Van der Waals.

Le chapitre 5 développe la classification des éléments des spectres atomiques et moléculaires, des spectres de rayons X et la théorie des principaux phénomènes associés à une interaction entre rayonnements et couches électroniques. Le chapitre 6 est consacré à la structure nucléaire : caractères des noyaux atomiques, forces nucléaires, théorie de Garnou. Une note sur les moments électriques et la polarisabilité des molécules et un tableau des éléments stables complètent cet ouvrage.

G. PETIAU.

A. JLIOVICI. — Leçons sur les essais de machines électriques à courant continu. Eyrolles, Paris, 1949, 130 pages, 63 figures.

Cet ouvrage, qui a pour origine le Cours d'essais de Machines professé par l'auteur durant plusieurs années à l'Ecole spéciale des Travaux publics, contient l'exposé des questions théoriques et pratiques qu'il est utile de connaître pour effectuer des essais et en interpréter les résultats.

On y trouve indiqué le principe des méthodes essentielles et précisé le choix de l'appareillage et des appareils de mesure les plus appropriés à la mise en œuvre de chacune d'elles.

Complété par un grand nombre de données numériques et d'exemples pratiques, ce travail ne manquera pas de rendre de grands services aux élèves de nos Ecoles d'Ingénieurs.

M. PARODI.

JACQUES-FÉLIX (H.). — Géographie des dénudations et dégradations du sol au Cameroun. — Bulletin scientifique de la Section technique d'Agriculture tropicale (Minist. Fr. Outre-Mer), n° 3, 1950, 127 pages in-4°, 16 planches. Prix : 500 fr.

La dégradation des sols ayant été provoquée par l'homme, il lui appartient d'étudier l'évolution des phénomènes, puis d'essayer d'y remédier. La première chose à faire était une enquête régionale. M. Jacques-Félix en apporte une sur le Cameroun que l'on peut considérer comme un véritable modèle. On y trouve : une description de la végétation et de ses dégradations, une étude des causes (méthodes de culture, feux de brousse), une description des sols et de leurs dégradations, puis des agents de dégradation (pluie et feu).

Une illustration abondante permet de suivre le texte et l'importance des dégradations. Espérons que ce nouveau cri d'alarme sera entendu.

R. FURON.

KEGHEL (M. de). — La fabrication des produits d'entretien, de polissage et de brillantage pour métaux, bois et cuirs et leurs applications : Cires à cacheter. — Un vol. in-8° (19 × 14) de 455 pages. Nouvelle édition revue et augmentée. Edit. Gauthier-Villars, Paris, 1950. Prix : 1.000 fr.

L'auteur a réuni dans cet ouvrage tout ce que les différents groupes d'utilisateurs doivent connaître des produits d'entretien et des cires à cacheter.

L'usager trouvera, en outre, un grand nombre de formules et de recettes facilement réalisables, pour les applications les plus diverses : poudres à polir et à aviver, pâtes à fourneaux, encaustiques, huiles pour balais à franges et pour parquets, produits d'entretien et de nettoyage pour carrosseries automobiles, graisses et huiles pour cuirs, encres noires pour semelles et talons, vernis de brillantage, poix pour cordonniers, cirages et crèmes pour chaussures, cires à cacheter pour sceaux et pour bouteilles, etc., etc.

L'ouvrage ne comporte aucune référence bibliographique, mais un index alphabétique très détaillé permet au lecteur de trouver très rapidement le document qu'il désire consulter.

Livre clair et précis sur une branche fort complexe de la technologie chimique, où l'empiriome joue un rôle essentiel.

E .CATTELAIN.

KEVIN Ll. NASH. — The elements of soil mechanics in theory and pratice. 112 p., 56 fig., Constable edit., London.

Résumé clair, illustré de nombreux diagrammes, accessible à l'ingénieur. Historique, propriétés des argiles et sables, indices d'Aherberg, densités, perméabilité, consolidation, stabilité des pentes et des murs de quai. Stabilisation naturelle (compaction, drainage, vibration) et artificielle (cimentation,

congélation, électro-osmose). Calcul des routes et pistes. L'action du gel est indiquée, mais sur ce point le lecteur aura intérêt à se reporter aux travaux de Dücker (Schmidt édit., Berlin et Detmold).

A. CAILLEUX.

KUENEN (Ph. H.). — Marine Geology. — Un vol. in-8°, 568 pages, 246 figures, relié. New-York (John Wiley and Sons, éditeurs), 1950. Prix : 7,50 dollars.

L'éminent professeur de Géologie de l'Université de Groningen (Pays-Bas) nous était déjà bien connu par ses travaux de l'expédition du **Snellius.** Il apporte ici une œuvre essentielle qui vient rejoindre la « Submarine Geology » de F. P. Shepard (1948) et la « Géographie du fond des mers » de J. Bourcart (1949). Nous sommes maintenant en possession de mises au point de ce que l'on sait sur la géographie et la géologie des océans.

L'ouvrage de Ph. H. Kuenen, très original, est divisé en huit grands chapitres : Océanographie physique (propriétés de l'eau de mer, la glace, mouvements des eaux océaniques) ; les bassins marins et leur évolution ; les fosses marines de l'Indonésie et les anciens bassins de sédimentation ; l'origine et le tranport des sédiments marins ; les récifs coralliens ; les formes sous-marines (les vallées et les volcans sous-marins) ; les variations eustatiques du niveau des océans (mouvements eustatiques récents, modifications pendant le Quaternaire, mouvements eustatiques démontrés par la stratigraphie).

Ces chapitres, augmentés d'une bonne bibliographie, traitent à peu près tous les aspects de la question, comparant toujours les phénomènes actuels avec ceux des temps géologiques, démontrant au passage que la théorie de la dérive des continents est incompatible avec les données de l'océanographie.

C'est un des ouvrages de fond de toute bibliothèque. La présentation matérielle (papier, figures, reliure) est parfaite.

R. FURON.

LIENARD (P.), KOBRYNSKI (M.), ANTZENBERGER (P.). — Eléments d'acoustique aéronautique. — O. N. E. R. A., édit., publication n° 40, 1950, 84 pages.

L'acoustique aéronautique est la technique très particulière, de date récente, consistant dans l'étude des sources de bruit des aérodynes et des problèmes importants et délicats de l'insonorisation. L'ouvrage comporte un exposé ramassé mais précis de l'état actuel de cette technique encore mal fixée. Cet exposé est complété par des exemples de traitement acoustique de quels types d'avions. Il est d'autre part précédé lui-même d'une première partie prenant de haut le problème physique du son : caractéristiques, propagation, mesures. Les auteurs se sont attachés à donner des définitions précises et à utiliser des notations sans équivoques. L'ensemble forme un tout dont la lecture pourra intéresser même les non spécialistes.

G. GUILLAUMIN.

LHEUREUX (P.). — Calcul des plaques rectangulaires minces. — Gauthier-Villars, 1949, 26 pages, 2 pl. Prix : 200 fr.

L'opuscule est un guide, pour l'application aux ouvrages en béton armé, de la méthode bien connue de M. G. Pigeaud relative au calcul des plaques rectangulaires minces, calcul effectué au moyen d'abaques simples et commodes.

G. GUILLAUMIN.

RIGAL (R.). — Les hyperfréquences, préface de M. Louis de Broglie. — Collection technique du C.N.E.T., Eyrolles, éditeur, Paris, 1950.

Cet ouvrage reproduit les leçons sur les hyperfréquences professées par M. Rigal aux élèves ingénieurs de l'Ecole nationale supérieure des Télécommunications. Dans un exposé très clair et d'une grande précision, l'auteur développe tout d'abord la théorie des ondes électromagnétiques dans les guides et les câbles coaxiaux et montre comment on peut représenter simplement ces propagations complexes en décomposant l'onde en une superposition d'ondes planes se réfléchissant aux limites du guide. Après l'étude des volumes résonnants et des systèmes rayonnants, l'ouvrage se termine par un chapitre, rédigé par M. Voge, traitant de l'important problème de la propagation des hyperfréquences dans l'espace terrestre.

Ce volume, où se trouvent, de plus, décrits et discutés un grand nombre de montages techniques particuliers et où, pour être plus intuitif, l'auteur a systématiquement comparé les dispositifs d'hyperfréquences à des circuits ordinaires en introduisant la notion d'impédance familière aux électriciens, ne manquera pas de rendre les plus grands services aux ingénieurs.

M. PARODI.

ROBERT (Maurice). — Le Katanga physique. — Un vol. in-4°, 260 pages, 26 figures, 30 planches, 2 cartes. Bruxelles, 1950. Editions Montana.

La première édition de cet ouvrage bien connu est sortie des presses en 1927 et elle fut rapidement épuisée. Cette seconde édition, entièrement refondue, est publiée sous les auspices du Comité Spécial du Katanga, à l'occasion de son cinquantième anniversaire.

C'est un livre agréable à lire, car c'est l'histoire d'une réussite, non pas d'une réussite facile, mais d'une victoire sur bien des éléments hostiles. En 1950, quand on parle du Katanga, chacun répond Cuivre et Uranium. En 1900, le Katanga intéressait les financiers internationaux, non pas tant pour le cuivre qu'on y connaissait, que pour l'or que l'on y soupçonnait. Le roi Léopold II devait défendre son domaine congolais contre les entreprises ambitieuses de Cecil Rhodes et d'autres. Le Comité spécial du Katanga fut alors créé, et chargé d'étudier et d'exploiter le Katanga. Les missions géologiques se succèdent et montrent que, s'il n'y a pas d'or, il y a beaucoup de cuivre ainsi que l'avait pressenti J. Cornet dès 1891. L'Union Minière du Haut-Katanga est créée en 1906, avec le droit exclusif de l'exploitation du cuivre. Dès 1911, la production effective commence avec 1.000 t. de cuivre-métal. En 1913, on découvre les gîtes de radium et d'uranium, et M. Robert lui-même trouve les premiers diamants. Il deviendra le directeur du Service Géographique et Géologique du Comité spécial du Katanga, dirigeant les recherches avec une activité inlassable, établissant la stratigraphie, dressant des cartes, poursuivant l'exploitation.

Les résultats de 50 années d'efforts patients se disent en chiffres de la production annuelle : cuivre, 150.000 tonnes ; cobalt, 3.600 tonnes ; étain ; cadmium ; radium et uranium, etc... Toute une industrie s'est créée sur place utilisant l'énergie hydro-électrique. Les problèmes sociaux ont été résolus en même temps que ceux de l'élevage et de l'agriculture.

Il faut remercier M. Maurice Robert de nous exposer d'une manière vivante toute l'histoire de cette magnifique aventure, depuis les premières reconnaissances des Portugais au XVI[e] siècle et les explorations du XIX[e], jusqu'aux réalisations de 1950. Une mention particulière doit être faite de la qualité de l'édition.

R. FURON.

SÉGUY (E.). — Atlas des diptères de France, Belgique, Suisse. 2 vol. in-16 jésus, 175 p., 79 fig., 12 planches en couleurs + 185 p., 83 fig., 12 planches en couleurs. Paris, 1951, N. Boubée, éditeur. (Prix : 750 fr. le volume.)

Parmi tous les ordres d'Insectes, celui des Diptères est un des plus importants par le nombre des espèces et par celui des individus : plusieurs

centaines de milliers d'espèces dans le monde et près de douze mille pour l'Europe occidentale. Les Diptères se développent sous tous les climats et à toutes les altitudes. Les plus connus sont célèbres par leurs méfaits : les Moustiques propagateurs du paludisme et de la fièvre jaune, la Mouche tsé-tsé, la Mouche charbonneuse , et tant d'autres.

L'étude systématique et biologique des Diptères est donc utile aux médecins et agronomes, au corps enseignant et aux spécialistes. Parmi ceux-ci. E. Séguy a une place de choix et ses travaux sont connus de tous.

Cet Atlas a le mérite d'avoir plus de 350 pages de texte, non pas seulement consacrées à la Systématique (base essentielle des Sciences naturelles), mais encore à la Biologie. Les grands chapitres sont consacrés à la morphologie, à la classification, à l'ontogenèse, aux larves et à la systématique. La dernière partie est réservée à ungroupe spécial, celui des Puces, qui constituent un ordre particulier.

La grande érudition de l'auteur lui permet de traiter le sujet d'une manière vivante, allant des curieuses observations des anciens aux conseils prophylactiques les plus précis. L'éminent spécialiste étant de plus un artiste de grand talent, l'ouvrage se trouve magnifiquement illustré de 24 planches hors-texte en couleurs, richement présentées par un éditeur qui a droit aux remerciements des lecteurs pour la qualité de ses éditions.

C'est dire que l'Atlas des Diptères recevra un excellent accueil de tous ceux qui s'intéressent à l'Entomologie, c'est-à-dire de tous les Naturalistes.

R. FURON.

La Combustion du carbone. Colloque international n° 20 du Centre national de la recherche scientifique. — Un vol., 17 × 12 cm., de 128 pages. Edit. : Centre national de la recherche scientifique, Paris, 1950. Prix : broché 1.800 fr.

Malgré son importance pratique qui est évidente et considérable, le problème du mécanisme de la combustion du carbone est encore l'un des plus obscurs qui soient. D'innombrables recherches empiriques, dictées par un souci sans doute trop strict d'utilisation immédiate, n'ont pas contribué à l'éclaircir.

Il convenait donc de faire le point des connaissances acquises, de confronter les résultats expérimentaux, de discuter des conclusions et hypothèses que ceux-ci suggèrent. Tel a été l'objet de ce colloque qui s'est tenu à Nancy du 27 au 30 septembre 1949, sous la présidence de M. le professeur Donzelot, directeur de l'Enseignement supérieur. Ledit compte rendu est constitué par la réunion des parties qui ont paru dans les numéros de mars-avril 1950 et mai-juin 1950 du **Journal de Chimie physique.**

E. CATTELAIN.

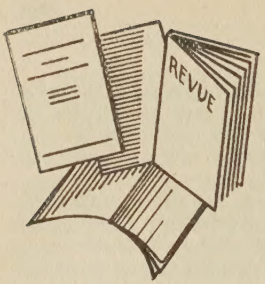
Centre Belge de recherches mathématiques. — Colloque de Topologie. Bruxelles, juin 1950. Un vol. 16 × 25 de 136 p. Masson, Paris 1951. Prix

Le thème du Colloque est l'étude des **variétés fibrées,** à laquelle se sont adonnées, ces derniers temps, de nombreux géomètres. Il était donc opportun de rassembler les connaissances acquises à ce sujet, en demandant aux auteurs des travaux les plus substantiels d'en exposer les résultats.

Deux conférences générales (MM. Hopf, H. Cartan) ont ouvert le Colloque ; ensuite MM. Ehresmann, H. Cartan, Koszul, Echmann, Leray, Hopf et Hirsch, ont présenté, sur des points plus spéciaux, des communications d'un grand intérêt.

Ce nouveau livre est indispensable à ceux qui reconnaissent, chose essentielle rappelée dans l'avant-propos par M. Lucien Godeaux, que la Topologie se trouve à la base de toutes disciplines mathématiques.

G. BOULIGAND.



LES REVUES

REVUES GÉNÉRALES EN LANGUE FRANÇAISE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, tome 65, fasc. I et II, mai 1951.

V. THÉBAULT : Sur les triangles associés. — **M. PARODI :** Sur l'irréductibilité du polynôme caractéristique de matrices carrées régulières à éléments entiers sur le corps des nombres rationnels. — **R. H. J. GERMAY :** Sur les équations récurrentes aux dérivées partielles du premier ordre, de forme linéaire et homogène. — **R. BAILLIEU** et **M. J. SCHUIND :** Anneaux à module du type (p^m, p^{m+n}). — **G. VIGNERON :** Contribution à l'étude du spectre infra-rouge de la roténone. — **V. THÉBAULT :** Sur la géométrie du tétraèdre. — **M. PARODI :** Quelques applications de calcul symbolique à deux variables à la résolution d'équations intégrales. — **R. H. GERMAY :** Application de la méthode des fonctions majorantes à des systèmes d'équations récurrentes définissant des fonctions implicites. — **E. HOGÉ :** Considérations sur la distribution du magnétisme terrestre en Belgique.

ANNALES GUEBHARD-SÉVÉRINE, 23e/24e et 25e/26e années, 1947-1950.

M. SCHULER : La conservation de l'heure et son importance. — **R. HOCART :** Orientation nouvelle des recherches en minéralogie. — **O. ROCHAT :** Aperçu de la méthode photographique en physique nucléaire. — **R. HOCART** et **S. GOLDSZTAUB :** Méthodes et techniques modernes d'investigation en minéralogie structurale.

ATOMES, n° 64, juillet 1951.

M. PIERRE : La soufflerie sonique de l'O.N.E.R.A. à Modane. — **G. FASSO :** Les essais aérodynamiques à Modane. — **J. CHRISTOPHE :** Les essais de moteur d'avion à Modane.

ATOMES, n° 65, août 1951.

M. DURIEZ : La Science de la route. — **A. CHAPUIS :** Les Automates. — **P. VALLÉRY-RADOT :** Nains et Géants. — **C. BARRÉ :** La maison américaine. — **M. PÉCAUT :** Champignons prédateurs.

LA NATURE, n° 3195, juillet 1951.

P. GAUROY : Le Grand-Nord Canadien (suite). — **F. GILLOT :** L'Analyse spectrale. — **P. BARRUEL :** Le vol nocturne des chauves-souris. — **R. LEGENDRE :** La productivité de la mer. — **P. DEVAUX :** La conquête du Rhône. — **M. LAMI :** La Forêt de Tronçais. — **J. BOYER :** Les pétroles de l'Alberta (Canada). — **Ch. BROYER :** Un canal devient route : Le comblement du canal de Saint-Maurice (Seine).

LA NATURE, n° 3196, août 1951.

A. LE CLECH : Les 100.000 oiseaux des Sept-Iles. — **E. P. HENRY :** L'approvisionnement en eau des villes. — **R. MERLE :** Les « Eciton », fourmis améri-

caines. — **P. DEVAUX** : La conquête du Rhône (suite). — **J. MEYNIS de PAULIN** : Le collage des métaux. — **P. ROUTHIER** : La Nouvelle-Calédonie. — **H. MOREAU** : Métrologie électronique.

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 20 juillet 1951.

L. LEPRINCE-RINGUET : L'ère atomique. Nouvel âge de l'Homme. — **E. VAN CAMPENHOUT** : Greffes d'organes. — **J. P. BOUCKAERT** : L'Electrocardiogramme.

REVUES GÉNÉRALES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

EXPERIENTIA, vol. VII, fasc. 7, juillet 1951, et fasc. 8, août 1951.

P. COURVOISIER : Die Schwankungen des elektrischen Feldes in der Atmosphäre und ihre Bedeutung für die Meteoropathologie. — **J. ASSELINEAU** : et **E. LEDERER** : Recherches récentes sur la chimie des lipides du bacille tuberculeux.

JOURNAL OF RESEARCH OF THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. — T. 45, n° 5, novembre 1950.

A. WEXLER : Appareil à recirculation pour l'essai des hygromètres. — **M. TRYON** : Un appareil perfectionné pour déterminer la moisissure dans le caoutchouc par distillation avec toluène. — **S. M. LANG, L. H. MAXWELL, M. D. BURDICK** : Les porcelaines du domaine du beryllium du système beryl-alumine-zircone. — **E. D. HOLLER** : Quelques relations électriques dans les couples galvaniques. — **E. T. CARLSON, T. J. CHACONAS, L. S. WELLS** : Etude du système oxyde de baryum - oxyde d'aluminium. - eau à 30° C. — **A. S. IBERALL** : Perméabilité à grande porosité. — **E. S. NEWMAN** : Etude sur la détermination de la chaleur d'hydration du ciment de Portland. — **R. G. BATES, G. D. PINCHING, E. R. SMITH** : Etalons de pH pour grandes acidités et alcalinités et l'échelle pratique des pH. — **D. HUBBARD, M. H. BLACK, G. F. RYNDERS** : pH réponse, hygroscopicité, et durée chimique des verres soudes-oxydes de plomb-silice.

JOURNAL OF RESEARCH OF THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. — T. 45, n° 6, décembre 1950.

V. H. DIBELER, F. L. MOHLER : Spectres de masses des deuterométhanes. — **G. D. PINCHING** et **R. G. BATES** : Constante de première dissociation de l'acide succinique de 0° à 50° et grandeurs thermodynamiques connexes. — **J. A. BENNETT** et **J. L. BAKER** : Effets des tensions statiques et dynamiques antérieures sur la résistance des alliages d'aluminium. — **J. L. TORGESEN, V. E. BOWER, E. R. SMITH** : Points d'ébullition des solutions aqueuses de dextrose de 200 à 1500 mm. — **E. K. PLYER** et **C. W. PETERS** : Longueurs d'ondes pour l'étalonnage des spectromètres à prismes. — **C. E. WEIR** : Appareil de hautes pressions pour études de compressibilité et application à des mesures sur le cuir et le collagène. — **W. F. MEGGERS** et **B. F. SCRIBNER** : Les spectres d'arc et d'étincelle du technetium. — **E. E. SAGER, I. J. SIEWERS** : Constantes de dissociation de quatre aminobenzophénones calculées à partir des spectres ultraviolets à plusieurs températures. — **H. H. SELIGER** : Une nouvelle méthode de calibrage des étalons radioactifs. — **J. BLUM** : Un problème dans la construction des cames de précision. — **J. B. ROSSER** : Les racines réelles des séries L de Dirichlet réelles. — **M. L. CARTWIGHT** : Oscillations forcées dans les systèmes non linéaires.

JOURNAL OF RESEARCH OF THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. — T. 46, n° 1, janvier 1951.

V. H. DIBELER et **F. CORDERO** : Micromanomètre à diaphragme utilisable comme spectrographe de masse. — **M. L. GREENOUGH** et **W. E. WIL-**

LIAMS : Un circuit électronique pour mesurer le déplacement des diaphragmes sensibles. — **D. E. ROBERTS** et **R. S. JESSUP** : Chaleur de polymérisation de l'α-méthylstyrène. — **S. A. Mc KEE** et **H. S. WHITE** : Le consistomètre Mc Kee. — **R. FORMAN, G. F. ROUSE** : Etude des bases métalliques des cathodes à oxydes. — **F. H. FORZIATI** et **J. W. ROWEN** : Effet de variations de la structure cristalline sur le spectre d'absorption infrarouge de la cellulose. — **A. R. GLASGOW** : Analyse de mélanges d'oléfines produites par codimérisation du butène. — **W. V. LŒBENSTEIN** et **V. R. DEITZ** : Mesures de superficie par adsorption d'azote dans des mélanges azote-hélium. — **J. B. ROSSER** : Transformations pour améliorer la convergence des séries. — **W. WASOW** : Marches au hasard et valeurs propres des équations aux différences elliptiques. — **H. E. SALZER** : Vérification et interpolation de fonctions tabulées sur des intervalles logarithmiques irréguliers.

THE SCIENCES REPORTS OF THE RESEARCH INSTITUTES TOHOKU UNIVERSITY. — A. — T. 1, n° 3, 1949.

K. IWASE, I. AOKI : Un nouveau type de graphitisation de la fonte coulée refroidie à travers le domaine eutectique. — **T. SUTORI, K. SAITO** : Sur l'effet des divers traitements calorifiques sur la flexibilité des aciers carbonés. — **Y. NOMURA** : Note sur le volume libre d'un liquide. — **T. SUGAWARA, E. KANDA** : Sur la transition du phosphore blanc à basse température, II. — **E. KANDA** : Détermination du second coefficient du viriel et la force de Van der Waals du méthane. — **Y. SHIBUYA** : La variation du module d'Young d'un alliage centré binaire provoquée par la formation d'un superréseau. — **T. HIRONE, N. TSUYA** : Les tensions internes dues à la trempe pour les lingots d'acier cylindriques. — **H. GOTO, Y. KAKITA** : Détermination volumétrique rapide de la silice dans le fer et les aciers et des silicates dans les scories et les roches. — **H. GOTO** et **T. SHIOKAWA** : Analyse catalytique, V. — **T. SUZUKI** : Sur la nature des groupes d'atomes de Preston-Guinier dans un alliage aluminium-cuivre durci, I, II. — **T. SUZUKI** : La libération d'énergie associée au processus de restauration cristalline dans le cuire polycristallin travaillé à roid. — **H. SATO** : Sur la tension interne et le rottement interne des métaux, I, II. — **K. SANBONGI** : L'Equilibr de réduction des oxydes de r. — **M. KAMEDA** : Etudes fondamentales sur la dissolution de l'or dans les solutions de cyanures, II. — **T. HIBI** : Sur l'observation en optique électronique des figures d'émission d'échantillons de sels de barium et de strontium. — **S. TANAKA** : Sur les cornets acoustiques à rentrants. — **T. MATUYAMA** : Théorie de l'enchaînement des engrenages réciproques inclinés. — **R. AIDA** : Sur l'essai d'aplatissement des cylindres d'acier. — **T. HIBI, K. ISIKAWA** : Sur une méthode pour déterminer la meilleure condition de fonctionnement d'une pompe à diffusion pour fractionnement des pétroles. — **Y. TANABE** : La variation de la résistance électrique des cristaux de bismuth dans les forts champs magnétiques, I, II. — **T. SAKURAI** : Sur l'effet Storck de la raie Hα. — **S. YOSHIDA** : Interprétation de la surface optique au cours du polissage. — **S. NAWATA** : Sur une méthode de mesure des dimensions moyennes des particules microscopiques. — **K. KAMIYOSHI** : Une nouvelle formule pour mesurer la constante diélectrique d'une poudre, I. — **T. SAKURAI, K. KANAYA, K. SHISHIDO** : La pile thermoélectrique comme spectromètre infrarouge. — **T. OKAMURA, H. KOZIMA, Y. MASUDA** : Sur la synthèse du fer-carbonyle. — **T. OKAMURA, Z. SIMOIZAKA** : Etude sur les propriétés magnétiques de la magnétie artificielle et les phénomènes connexes. — **K. KAMIYOSHI** : Une jauge d'épaisseur perfectionnée.

Imprimerie Jacques et Demontrond. — 9672 - 9-51.
Dépôt légal 3e trimestre 1951 : n° 5250. Le Gérant : R. CONSTANS.